

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Ник. Бескин 9 февр. 1991 г.



БИБЛИОТЕЧКА • КВАНТ •
выпуск 80

М. П. БРОНШТЕЙН

СОЛНЕЧНОЕ
ВЕЩЕСТВО

ЛУЧИ ИКС

ИЗОБРЕТАТЕЛИ
РАДИОТЕЛЕГРАФА

1260



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ,
1990

ББК 22.3г
Б88
УДК 53(091) (023)

Серия «Библиотечка «Квант»
основана в 1980 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Академик Ю. А. Осипьян (председатель), доктор физико-математических наук А. И. Буздин (учебный секретарь), академик А. А. Абрикосов, академик А. С. Боровик-Романов, академик Б. К. Вайнштейн, заслуженный учитель РСФСР Б. В. Воздвиженский, академик В. Л. Гинзбург, академик Ю. В. Гуляев, профессор С. П. Капица, академик А. Б. Мигдал, академик С. П. Новиков, академик АПН СССР В. Г. Разумовский, академик Р. З. Сагдеев, профессор Я. А. Смородянский, член-корреспондент АН СССР Д. К. Фаддеев

- Бронштейн М. П.
Б88 Солнечное вещество. Лучи икс. Изобретатели радиотелеграфа/Сост. Г. Е. Горелик, С. Р. Филонович.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990.— 176 с.— (Б-чка «Квант». Вып. 80)
ISBN 5-02-014512-2

Профессиональный теоретик, занимавшийся фундаментальными вопросами физики, М. П. Бронштейн (1906—1938) в середине 30-х гг. по совету С. Я. Маршака начал писать книги о науке для юного читателя. Здесь собраны три рассказа, повествующие об истории открытия гелия, обнаружении рентгеновских лучей и изобретении радиосвязи. Помещены также послесловия составителей, краткий рассказ об авторе и его главной работе в физике.

Книга доступна школьникам, начинающим изучать физику.

Б 1604016000—092 180-90
053(02)-96

ББК 22.3г

ISBN 5-02-014512-2

© «Наука», Физматлит, 1990

Книга, которую открыл читатель, написана физиком-теоретиком полвека назад. Матвей Петрович Бронштейн занимался астрофизикой и полупроводниками, космологией и ядерной физикой. Важнейшую свою работу он сделал в теории квантовой гравитации в 1935 году. Теория эта до сих пор еще не построена, хотя она очень нужна и физикам, изучающим самые маленькие — элементарные — частицы, и астрономам, наблюдающим за самым большим объектом — Вселенной. Матвей Петрович сделал очень важный шаг на пути к полной квантовой теории гравитации; глубокое понимание теоретической физики и мастерское владение ее методами помогло обнаружить главную трудность поставленной задачи и найти важные свойства будущего ее решения.

Человеку, знающему физику только по школьному учебнику, непросто объяснить, что такое квантование гравитации. С этим наверняка согласится тот, кто знает, что гравитация — это кривизна пространства-времени, и кто имеет представление о непредставимости квантовых законов. Но если и возможно объяснить школьнику, что такое квантовая гравитация, вряд ли кто мог бы сделать это лучше, чем сам Матвей Петрович. О сложной физике он умел рассказывать просто, понятно и правильно (а это не одно и то же). Однако о квантовой гравитации Матвей Петрович рассказать не успел. Но успел многое другое. Иначе его не вспоминали бы выдающиеся советские физики, имя его не появлялось бы в физических статьях, его книги не переиздавались бы спустя многие десятилетия и о нем не написала бы Большая Советская Энциклопедия.

Прожил Матвей Петрович чуть более тридцати лет. Как и многие другие — замечательные люди и люди не очень заметные, ученые, поэты, рабочие, крестьяне — М. П. Бронштейн стал жертвой чудовищных злодеяний Сталина и его соратников-палачей. Жестокие и трусливые властители старались скрыть следы преступлений,

стереть из человеческой памяти даже имена тех, кого они называли «врагами народа». Из истории, науки, искусства они пытались вырвать многие страницы, страшно было даже произносить имена погибших. Однако книга памяти сделана из хитрого материала: вырванные страницы вырастают вновь. Потому что внутри этой книги — не



Матвей Петрович Бронштейн
(1906—1938)

слова, а человеческие судьбы и дела, порожденные напряжением всех душевных и умственных сил. У таких живых дел очень глубокие корни, и даже после самых лютых морозов они способны давать новые побеги и плодоносить.

Кроме научных работ, доступных лишь физикам-специалистам, Матвей Петрович Бронштейн оставил нам замечательные книжки, написанные для читателей лю-

бознательного возраста. Научно-популярной литературе он отдал много сил. Быть может, одна из причин этого состоит в том, что его отрочество пришлось на трудные годы гражданской войны, в школу он не ходил и главными его учителями стали книги. Учиться он любил. И сделался — сделал себя! — необычайно образованным человеком; на трех языках он говорил свободно, еще на нескольких читал. Первую научную работу он сделал в 18 лет, еще до поступления в Ленинградский университет.

Однако интересно ему было не только самому узнавать, как устроена Природа, но и делиться своими знаниями с другими. Ему хотелось, чтобы радость познания, изведенная им вполне, стала доступна и другим. Поэтому он с удовольствием занимался преподаванием и популяризацией науки. Первые популярные статьи он написал еще будучи студентом.

Матвей Петрович рассказывал о науке, как о необыкновенно увлекательном и важном деле, чем она и была для него самого. Не случайно, первым выпуском библиотечки «Квант» стало переиздание его книги «Атомы и электроны». Основатель «Библиотечки» академик И. К. Кикоин, хорошо знавший Бронштейна по Ленинградскому физико-техническому институту, говорил автору этих строк, что выбор первого выпуска был сделан вполне сознательно, — книге надлежало стать образцом для последующих выпусков. Автор — активно работающий физик — по-хозяйски распоряжается огромным научным материалом и в то же время хорошо понимает, что точные научные формулировки составляют лишь небольшую часть живого языка.

Очень трудно сейчас найти в библиотеках другие книги М. П. Бронштейна: «Солнечное вещество» — о том, как и где (на Солнце!) был обнаружен гелий; «Лучи икс» — о замечательном открытии Рентгена; «Изобретатели радиотелеграфа» — о том, как изучение неяркой искорки привело к изобретению радио. Эти книги появились на свет в ленинградском Детиздате. С помощью Самуила Яковлевича Маршака и Лидии Корнеевны Чуковской физик-теоретик освоил и профессию детского писателя, затратив на это большой труд и совсем немного, в сущности, времени. Научно-художественные повести М. П. Бронштейна, по выражению его товарища — академика Л. Д. Ландау, написаны с такой увлекательностью, что читать их равно интересно и школьнику, и

физику-профессионалу: трудно остановиться, не дочитав до конца. Проверить это мнение поможет читателю предлагаемая книга.

Бронштейновские рассказы о путях, пройденных к замечательным открытиям, сами по себе не нуждаются в поправках и дополнениях. Однако за полвека, прошедшие после первого издания книг, в жизни их героев произошли важные события. О них рассказано в кратких послесловиях «50 лет спустя». В послесловии к третьей книге рассказывается также о ее судьбе, которая стала предвестием трагической участи самого М. П. Бронштейна.

Тот, кто захочет больше узнать о главной научной работе Матвея Петровича Бронштейна и о его жизни, может обратиться к статье в конце этой книги и к подробной биографии: Горелик Г. Е., Френкель В. Я. Матвей Петрович Бронштейн (М.: Наука, 1990).

Г. Горелик

СОЛНЕЧНОЕ ВЕЩЕСТВО

С чего началось

Я расскажу о веществе, которое люди нашли сначала на Солнце, а потом уже у себя на Земле.

Астрономы изучают поверхность Солнца с тех пор, как у них есть телескоп. Они видят на Солнце темные пятна, огненные облака, извержения и взрывы. Но разве можно разглядеть в телескоп химический состав Солнца, исследовать, из каких веществ оно состоит? Для этого химикам пришлось бы побывать на Солнце, захватив с собой свои пробирки, колбы, реактивы и весы.

Какая же это экспедиция пролетела полтораста миллионов километров и открыла на Солнце новое вещество?

Такой экспедиции никогда не было. Не отрываясь от своей планеты, люди ухитрились узнать, из чего состоит Солнце. Узнали это они не очень давно — всего только лет семьдесят пять тому назад *).

И, как часто бывает в науке, для этого необычайного открытия понадобились самые скромные средства и орудия.

Эти орудия — маленькая, тусклая горелка Бунзена да еще самодельный спектроскоп, сооруженный из сигарной коробки, стеклянного клина и двух половинок распиленной подзорной трубы.

Началось все дело с горелки, а потом уже дошла очередь и до спектроскопа.

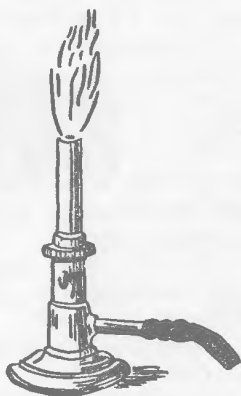


Рис. 1. Горелка Бунзена

*) Напомним, что книга эта впервые вышла в свет в 1936 году. — *Примеч. сост.*

Горелку Бунзена вы и сейчас еще найдете в любой лаборатории. За десятки лет она нисколько не изменилась (рис. 1).

Простая металлическая трубка, стоящая на подставке. По резиновому шлангу в трубку течет снизу светильный газ, а чуть пониже середины в ней проделано отверстие для воздуха. Поднесите к верхнему концу трубки зажженную спичку, и газ загорится тусклым, бледным, почти бесцветным пламенем.

Днем этого пламени даже не заметишь. Горелка Бунзена горит гораздо тусклее самой плохонькой керосиновой коптилки. Но зато пламя у нее такое жаркое, какого никогда не бывает в нашей обыкновенной печке: две тысячи триста градусов.

Цветные сигналы

Роберт Бунзен жил в прошлом веке. Много лет был он профессором химии в маленьком немецком городке Гейдельберге.

К середине 50-х годов он уже изобрел свою горелку и теперь изо дня в день старательно изучал, как ведут себя различные вещества в пламени высокой температуры.

Он погружал в пламя то металлы, то уголь, то соли, то известь и наблюдал, что происходит со всевозможными химическими соединениями в горячем пламени светильного газа.

Осенью 1858 года он заметил и записал в лабораторном дневнике, что многие вещества ярко окрашивают бесцветное пламя.

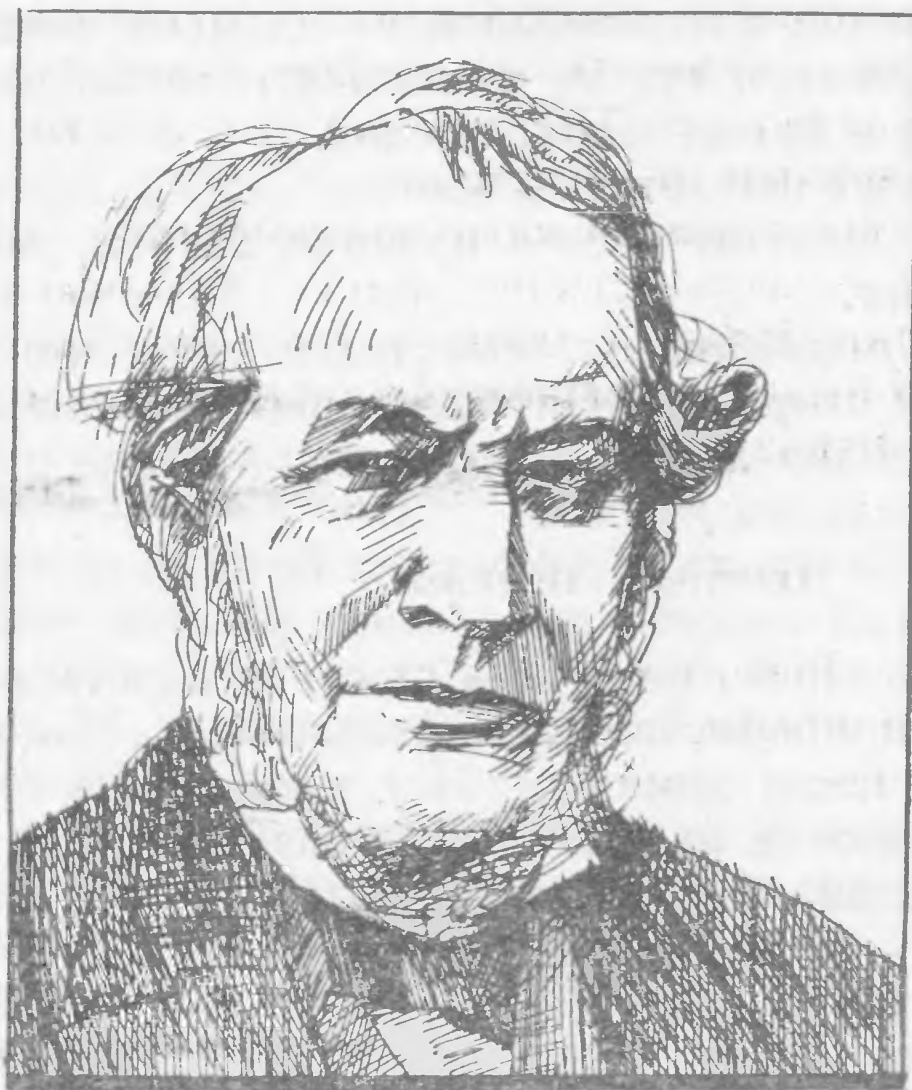
Впервые он обратил на это внимание во время опыта с поваренной солью.

Тонкими платиновыми щипчиками взял он маленький кристаллик соли и сунул в пламя горелки. Бесцветное пламя сразу перестало быть бесцветным. Как только попала в него поваренная соль, оно разгорелось ярче и пожелтело. А комнату наполнил удушливый запах хлора.

Этому запаху Бунзен не удивился. Ведь поваренная соль состоит из двух веществ: хлора и натрия. Вот она и распалась на свои составные части в жарком пламени горелки, и хлор растекся по комнате.

Но почему же пламя из бесцветного сделалось желтым? Что окрасило его в желтый цвет — газ хлор или металл натрий?

Чтобы узнать это, Бунзен решил повторить опыт, но только вместо поваренной соли взять вещества, в которых будет натрий, а хлора не будет,— например, соду, глауберову соль, бромистый натрий. Если пламя и при



Роберт Бунзен

этих опытах окрасится в желтый цвет — значит, все дело в натрии.

Так и оказалось: и от соды, и от глауберовой соли пламя сразу пожелтело.

Тогда Бунзен проделал последний, решительный опыт: внес в пламя чистый натрий без всяких примесей. Пламя и на этот раз стало ярко-желтым.

Значит, догадка верна: натрий действительно окрашивает бесцветное пламя газовой горелки в желтый цвет.

Удача этих опытов навела Бунзена на мысль: быть может, не только натрий, но и другие металлы способны окрасить бесцветное пламя горелки? Что если взять вещества, в которых натрия нет? Например, сильвин — соединение хлора с металлом калием?

Крохотный кристаллик сильвина был внесен в пламя газовой горелки. Пламя разгорелось так же ярко, как и

от кристаллика поваренной соли, но окрасилось в другой цвет — не желтый, а фиолетовый.

И не один сильвин, а все вещества, в которых есть калий, дали тот же фиолетовый цвет: и селитра, и поташ, и едкое кали.

Вывод ясен: фиолетовый цвет пламени зависит от калия. Но Бунзен и тут не отказался от последней проверки: он внес в пламя чистый калий.

Все тот же фиолетовый цвет.

Значит, желтый цвет — признак натрия, а фиолетовый — калия.

Бунзен почувствовал, что опыты ведут его к какому-то важному открытию. Он стал испытывать металлы один за другим. Взял литий — и получил красное пламя, взял медь — и получил зеленое.

Опыты за опытами убеждали Бунзена в том, что он открыл новый способ химического анализа — такого анализа, для которого не нужна сложная химическая кухня, не нужны приборы, скляпки, реактивы.

Теперь, когда химик захочет узнать, есть ли в каком-нибудь веществе калий, ему скажет об этом пламя газовой горелки, скажет не словами, а цветными сигналами.

Если пламя сделается фиолетовым, это значит: в веществе есть калий. А если оно сделается не фиолетовым, а желтым, это будет означать: калия нет, есть натрий.

Можно будет на глаз узнавать химический состав любого вещества. Надо только изучить язык газового пламени, разобраться в его цветных сигналах.

Неудача

Бунзен раздобыл множество разных химических соединений и принялся их исследовать. Тоненькими платиновыми щипчиками захватывал он кусочек исследуемого вещества и вносил в пламя горелки. Если



Рис. 2. Тонкая платиновая проволочка с петелькой на конце

же вещество было не твердым, а жидким, то вместо щипчиков брал он платиновую проволочку толщиной с конский волос, изогнутую на конце в виде петельки

(рис. 2). Каплю жидкости, повисшую на петельке, Бунзен осторожно вносил в пламя.

И каждый раз в лабораторном дневнике появлялась запись о том, каким цветом окрасилось пламя.

Скоро в руках у Бунзена был длинный перечень веществ и тех цветов, по которым их можно определить. Настоящая сигнальная книга: натрий — желтый сигнал, калий — фиолетовый сигнал, медь — зеленый сигнал, стронций — красный сигнал. И так далее и так далее — на много страниц.

Сигнальная книга была готова, и вот тут-то Бунзен увидел, что пользоваться этими сигналами не так-то просто.

В перечне была, например, такая запись:

«Раствор солей натрия — желтый цвет.

Раствор солей натрия с небольшой примесью солей лития — тоже желтый цвет.

Раствор солей натрия с небольшой примесью солей калия — тоже желтый цвет».

Как же расшифровать эти сигналы? Как отличить чистый натрий от натрия с примесью калия и от натрия с примесью лития?

Бунзен зажег три газовые горелки. В пламя каждой горелки внес он по капле раствора поваренной соли. Но в одной капле поваренная соль была чистая (соединение натрия с хлором), в другой она была смешана с солями лития, в третьей — с солями калия.

Все три пламени были одного цвета: желтого. Никакой разницы между ними не было. Очевидно, натрий так сильно окрасил их в свой желтый цвет, что глазу не удалось уловить красный оттенок лития и фиолетовый оттенок калия.

Тогда Бунзен подумал: «А что если помочь глазу — вооружить его цветными стеклами или цветными жидкостями?»

Он налил в стаканчик немного раствора синей краски индиго и стал рассматривать все три пламени сквозь синюю жидкость. И тут он сразу заметил различие в цвете.

Синяя краска индиго поглотила желтые лучи натрия, и поэтому пламя, где была поваренная соль с примесью лития, казалось теперь малиново-красным. Пламя, куда был подмешан калий, тоже казалось красным, но другого оттенка — пурпурного. А пламя, в котором была поваренная соль без всяких примесей, как будто и вовсе исчезло.

Бунзен вооружился целой коллекцией цветных стекол и стаканчиков с цветными жидкостями. Он надеялся, что

эта коллекция поможет ему расшифровать все сигналы в его книге.

Но вот ему попалась на глаза такая запись:

«Соли лития — малиново-красный цвет.

Соли стронция — малиново-красный цвет».

Опять два разных вещества, а цвет один и тот же. Не помогут ли и тут цветные жидкости и стеклышки?

Долго бился Бунзен, подбирая цвета, сквозь которые можно было бы подметить разницу между пламенем лития и пламенем стронция. Но такого цветного стекла, такой цветной жидкости он не нашел.

Пламя лития никак не удавалось отличить от пламени стронция. Значит, краски и цветные стекла помогают не всегда.

А если так,— пламя газовой горелки не дает надежного ключа к химическому анализу.

Казалось, Бунзен потерпел поражение.

Но тут на помощь его газовой горелке пришел спектроскоп Кирхгофа.

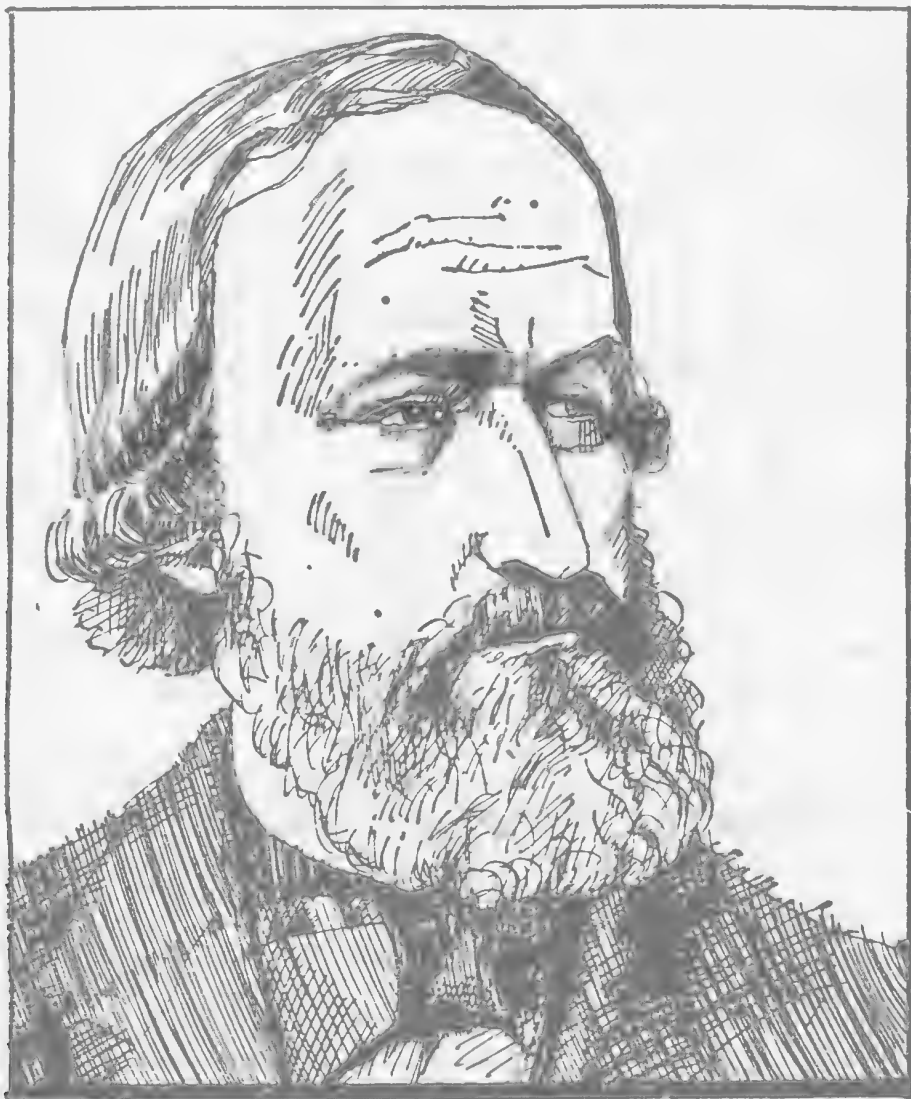
Простой кусок стекла

В том же университетском городке Гейдельберге жил профессор физики Густав Кирхгоф. Узнав о затруднениях Бунзена, Кирхгоф решил ему помочь. Он обещал Бунзену построить такой физический прибор, который откроет разницу в цвете пламени даже и тогда, когда отказываются служить цветные стекла и растворы красок.

План у Кирхгофа был очень простой. В его лаборатории хранилась призма из стекла «флинтглас», которую когда-то, за много лет перед тем, выточил и отшлифовал знаменитый мюнхенский оптический мастер Йозеф Фраунгофер. Призма — это простой кусок стекла, выточенный в форме клина. Но у призмы есть замечательное свойство: лучи света никогда не проходят сквозь нее прямо, а неизменно отклоняются в сторону,— как будто что-то отталкивает их прочь от ребра призмы. И при этом не все лучи отклоняются одинаково: фиолетовые отклоняются сильнее других, красные меньше всех других, а лучи остальных цветов попадают в промежуток между красными и фиолетовыми. Поэтому если через призму пропустить пучок света, в котором смешаны лучи различных цветов, то, выйдя из призмы, эти лучи пойдут по разным дорогам.

Так призма разлагает пучок света, состоящий из лучей разных цветов, разбивает его на составные части.

Йозеф Фраунгофер, который изготовил флинтгласовую призму, хранившуюся в лаборатории Кирхгофа, пользовался этим замечательным свойством призмы для того,



Густав Кирхгоф

чтобы разлагать на составные цвета солнечный луч. Через узкую щель впускал он в темную комнату пучок солнечных лучей и на пути этих лучей ставил свою призму (рис. 3). Лучи входили в призму узким пучком, а выходили широким веером. На противоположную белую стену ложилась разноцветная полоса света — солнечный спектр. В полосе были все семь цветов радуги: красный, за ним оранжевый, потом желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. Фраунгофер, как и многие физики до него, знал, что все эти цвета, от красного до фиолетового, все тончайшие оттенки цветов радуги, постепенно переходящие друг в друга, содержатся в белом солнечном свете, но эти отдельные цвета и оттенки заметны глазу только тогда, когда призма разлучает их между собой, разлагает в разноцветный спектр.

«Почему же,— подумал Кирхгоф,— не воспользоваться этой же самой стеклянной призмой для того, чтобы исследовать свет, испускаемый газовой горелкой? Если

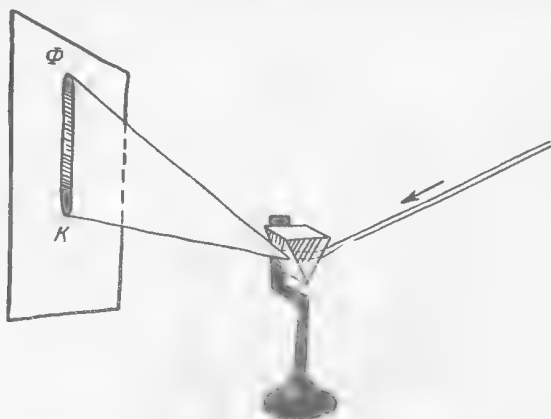


Рис. 3. Путь лучей через призму. На экране — полоска спектра: буквой Φ обозначен фиолетовый край спектра, буквой K — красный

выделить узкий пучок такого света и пропустить его через призму — призма сразу разгадает те сигналы, которых не разгадали ни цветные стекла, ни стаканчики с красками».

Сигналы расшифрованы

Кирхгоф принес Бунзену свой прибор. Этому прибору изобретатель дал название «спектроскоп» — слово, которое он сам придумал. Теперь это слово известно всякому физику и химику, и в любой лаборатории можно увидеть спектроскоп, изготовленный на оптической фабрике. Но как не похожи эти современные удобные и точные спектральные приборы на неуклюжий спектроскоп, который Кирхгоф изготовил собственными руками! Деревянная коробка из-под сигар, стеклянная призма и старая подзорная труба с тремя выпуклыми стеклами — вот из чего был сделан первый спектроскоп (рис. 4).

Подзорную трубу Кирхгоф распилил пополам. Из одной трубы получилось две: первая с одним выпуклым стеклом, вторая — с двумя.

Обе трубки Кирхгоф вставил в смежные стенки сигарной коробки под углом одна к другой.

Трубку, в которой было только одно стекло, он расположил так, чтобы она глядела стеклом в коробку, а пустым отверстием наружу. Это отверстие он прикрыл картонным кружком с узкой щелью. Через щель должны были проникать в коробку лучи. Там, внутри коробки, их встречала призма, которую Кирхгоф укрепил на вращающейся оси. Пройдя сквозь призму, пучок лучей сворачивал в сторону и устремлялся в другую трубку широким разноцветным веером.

Приложив глаз к этой трубке и медленно поворачивая призму вокруг оси, можно было рассмотреть весь спектр лучей, попавших в щель спектроскопа.

В первый же день Бунзен и Кирхгоф испытали новый прибор. Бунзен зажег свою горелку, а Кирхгоф навел на пламя свой спектроскоп. Затем Бунзен стал вводить в пламя по очереди натрий, калий, медь, литий, стронций. И каждый раз, когда пламя меняло свой цвет, оба они внимательно рассматривали спектр лучей, испускаемых раскаленными парами металлов.

Спектры эти оказались не такими, как солнечный. В солнечном спектре все семь цветов радуги — от красного до фиолетового — ложатся сплошным рядом, а в спектре окрашенного газового пламени Кирхгоф и Бунзен увидели разрозненные цветные линии *).

В спектре раскаленных паров калия горели две красные линии и одна фиолетовая, у паров натрия была одна линия — желтая **), у паров меди было много линий, среди которых ярче всех горели три зеленые, две желтые и две оранжевые. И каждая цветная линия появлялась всякий раз на том самом месте, где в солнечном спектре лежит цвет точно такого же оттенка: оранжевые линии меди ложились в оранжевой части спектра, желтая линия натрия — в желтой.

*) Эти спектры показаны на второй странице обложки. Фраунгофер заметил, что на сплошной полосе солнечного спектра имеются отдельные темные линии, и обозначил их буквами. Желтая линия натрия называется линией D, потому что она расположена как раз в том самом месте, где в солнечном спектре лежит фраунгоферова линия D.— *Примеч. сост.*

**) Внимательно изучив эту желтую линию, физики обнаружили, что на самом деле она двойная: она состоит из двух очень близко расположенных друг к другу желтых линий. Эти линии получили у физиков особое название: их называют линиями D₁ и D₂.

Наконец-то Бунзену удалось узнать, чем отличается малиновое пламя лития от малинового пламени стронция. Когда он смотрел на них простым глазом, он не различал их, но спектр одного пламени оказался совсем непохожим на спектр другого. Достаточно было посмотреть на них в спектроскоп Кирхгофа, чтобы сразу сказать, где литий, где стронций. Спектр лития состоит из одной яркой красной линии и одной оранжевой послабее, а спектр стронция — из одной голубой и нескольких красных, оранжевых, желтых линий.

Один за другим цветные сигналы были расшифрованы. Задача была решена.

Пепел, гранит и молоко

Кирхгоф и Бунзен нашли ключ к разгадке химического состава любого пламени, любого светящегося газа. Не нужно химического анализа, чтобы узнать, есть ли в пламени натрий. Если вы увидите его желтую линию в том месте спектра, где ей полагается быть, вы сразу обнаружите натрий. Если в спектре у вас две красные и одна фиолетовая линии, вы можете быть уверены, что в пламени есть калий. А если в спектре окажется красная линия, зелено-голубая и синяя, то, значит, в пламени есть водород.

Поставьте на пути лучей спектроскопа — и линии спектра безошибочно расскажут вам о химическом составе тела, испускающего лучи.

Такой способ угадывать химический состав по линиям спектра был назван спектральным анализом.

Бунзен стал исследовать множество разных веществ. Все, что попадалось ему под руку, он тащил к спектроскопу. Он вносил в пламя горелки и каплю морской воды, и каплю молока, и пепел сигары, и кусочки всевозможных минералов. В спектре пепла гавайской сигары он увидел желтую линию натрия и красные линии лития и калия; в спектре кусочка мела он увидел линии натрия, лития, калия, кальция, стронция. Множество разных веществ исследовал таким образом Бунзен, раскаляя их в жарком пламени горелки и наблюдая спектр раскаленных паров.

Новый способ распознавать химический состав оказался необычайно чувствительным и точным. Бунзен находил спектральные линии редкого металла лития в тех веществах, в которых лития так мало, что никаким другим

способом его обнаружить невозможно. Литий был найден спектроскопом и в морской воде, и в золе водорослей, прибитых Гольфстримом к берегам Шотландии, и в ключевой воде, которую Бунзен взял из источника, бьющего из гранитной скалы в окрестностях Гейдельберга, и в кусках гранита, отколотого от той же скалы, и в листьях винограда, выросшего на скале, и в молоке коровы, которая ела эти листья, и в крови людей, которые пили это молоко.

Но газовая горелка и спектроскоп помогли химику Бунзену сделать еще более важное открытие: с их помощью он обнаружил два новых металла, о существовании которых никто и не подозревал. В спектре саксонского минерала лепидолита и в спектре рассола, полученного при выпаривании дюркхеймской минеральной воды, он увидел спектральные линии, которые не совпадали с линиями знакомых химикам веществ. Бунзен понял, что и в лепидолите, и в дюркхеймской минеральной воде скрыты какие-то еще неизвестные вещества.

И в самом деле, вскоре Бунзену удалось извлечь из минерала лепидолита новый металл, который он назвал рубидием, а из дюркхеймской воды другой новый металл, которому он дал имя цезий *).

Открытие рубидия и цезия было первой большой победой спектрального анализа.

Звезды в лаборатории

Шел год за годом. Физики и химики изучали все новые и новые спектры: спектры раскаленных паров разных солей, спектры раскаленных и расплавленных металлов, спектры разреженных газов, которые светятся, когда по ним проходит электрический ток, спектр электрической искры, спектр лучей, испускаемых раскаленной известью и прошедших сквозь окрашенные стекла, сквозь цветные жидкости, газы и пары.

Спектроскоп, когда-то построенный Кирхгофом из сигарной коробки, стеклянного клина и двух половинок подзорной трубы, стал родоначальником многих других спектроскопов, более удобных для работы и более точных (рис. 4).

*) Сами названия новым элементам были даны по цветам наиболее ярких линий в их спектрах: *rubidus* по-латыни означает «темно-красный», *caesius* — «голубой». — *Примеч. сост.*

Сам Кирхгоф много потрудился над тем, чтобы усовершенствовать свое изобретение. Вскоре спектроскопы стали изготовляться на оптических фабриках. В каждой лаборатории появился спектроскоп. Немецкие оптические фирмы сконструировали дорогие и сложно устроенные

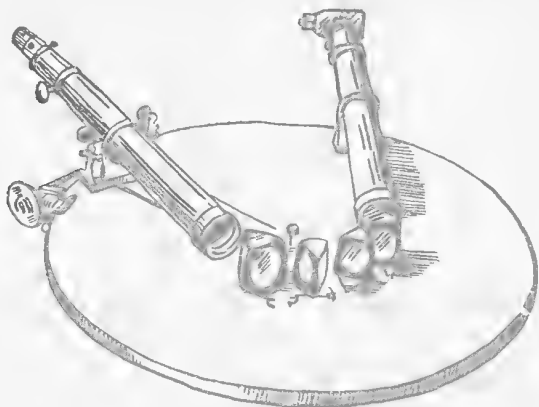


Рис. 4. Усовершенствованный спектроскоп с четырьмя призмами. Переходя из призмы в призму, веер лучей разворачивается все шире и шире

спектральные приборы для точных измерений. Лондонская фирма «Браунинг» выпустила в продажу дешевые карманные спектроскопы.

Спектроскоп пригодился и физикам, и химикам, и инженерам. Пригодился он даже сыщикам. Увидев на полу или на одежде подозрительное темное пятно, похожее на засохшую кровь, сыщик смывает пятно спиртом. А по спектру лучей, прошедших через спирт, в лаборатории могут сразу сказать, растворена ли в нем кровь *).

Но гораздо больше, чем сыщикам, пригодился спектроскоп людям, которые изучают самые далекие светящиеся тела — планеты и звезды.

До изобретения спектроскопа никто и мечтать не смел о том, что когда-нибудь нам станет известно, из чего состоят звезды, планеты и Солнце.

Никто не знал, входят ли в состав небесных светил те же самые вещества, которые мы встречаем и у себя на

*) Каждое вещество по-своему поглощает лучи разного цвета, и спектр поглощения столь же точно характеризует вещество, как и спектр испускания. — *Примеч. сост.*

Земле, или же небесные светила состоят из каких-то особенных, небесных веществ.

Только открытие Кирхгофа и Бунзена помогло людям затащить звезды в лабораторию, создать новую науку — небесную химию, химию небесных светил.

Астрономы всего мира с жадностью ухватились за спектральный анализ и стали применять его в самых разнообразных исследованиях. Здесь не хватит места рассказать обо всех тех удивительных вещах, которые были открыты с помощью спектрального анализа.

Только об одном открытии я расскажу здесь — о том открытии, с которого начинается необычайная история вещества, найденного на Солнце.

Спектроскоп исследует Солнце

Во время полного солнечного затмения, когда все Солнце закрыто от нас Луной, из-за черного диска Луны внезапно вырываются красные язычки пламени. Язычки кажутся нам маленькими, а на самом деле они во много раз длиннее диаметра нашей Земли.

Это извержения и взрывы на огненной поверхности Солнца.

Такие взрывы бывают на Солнце каждый день и по многу раз в день. Но простым глазом их можно наблюдать только во время полного солнечного затмения, когда лучезарный диск закрыт Луной и потому не ослепляет нас.

Странно, что ученые обратили внимание на эти огненные взрывы, выступающие из-за края Луны, всего только несколько десятков лет тому назад, хотя полные затмения Солнца бывают чуть ли не каждый год — то в одной, то в другой части земного шара, и каждый раз можно заметить солнечные выступы. Астрономы попросту их проглядели. Затмение длится всего несколько минут, а то и секунд, и за эти секунды надо столько записать, зарисовать, измерить! Все внимание астронома-наблюдателя поглощено лихорадочной работой, и часто волнение мешает ему видеть вещи, которые он не рассчитывал увидеть.

А может быть, астрономы и замечали эти взрывы, но считали их просто обманом зрения.

Как бы то ни было, 18 июля 1860 года, когда полное солнечное затмение наблюдалось в Испании, астрономы, съехавшиеся туда со всех концов Европы, наконец-то

обратили внимание на солнечные выступы и даже успели их зарисовать *). Тогда только ученые всего мира заговорили о солнечных выступах — протуберанцах — и стали наперебой высказывать различные догадки об их природе и происхождении.

Через восемь лет после испанского затмения, 18 августа 1868 года, ожидали полного солнечного затмения в Индии.

Французский астроном Жансен, который всю свою жизнь занимался исследованием Солнца, решил воспользо-



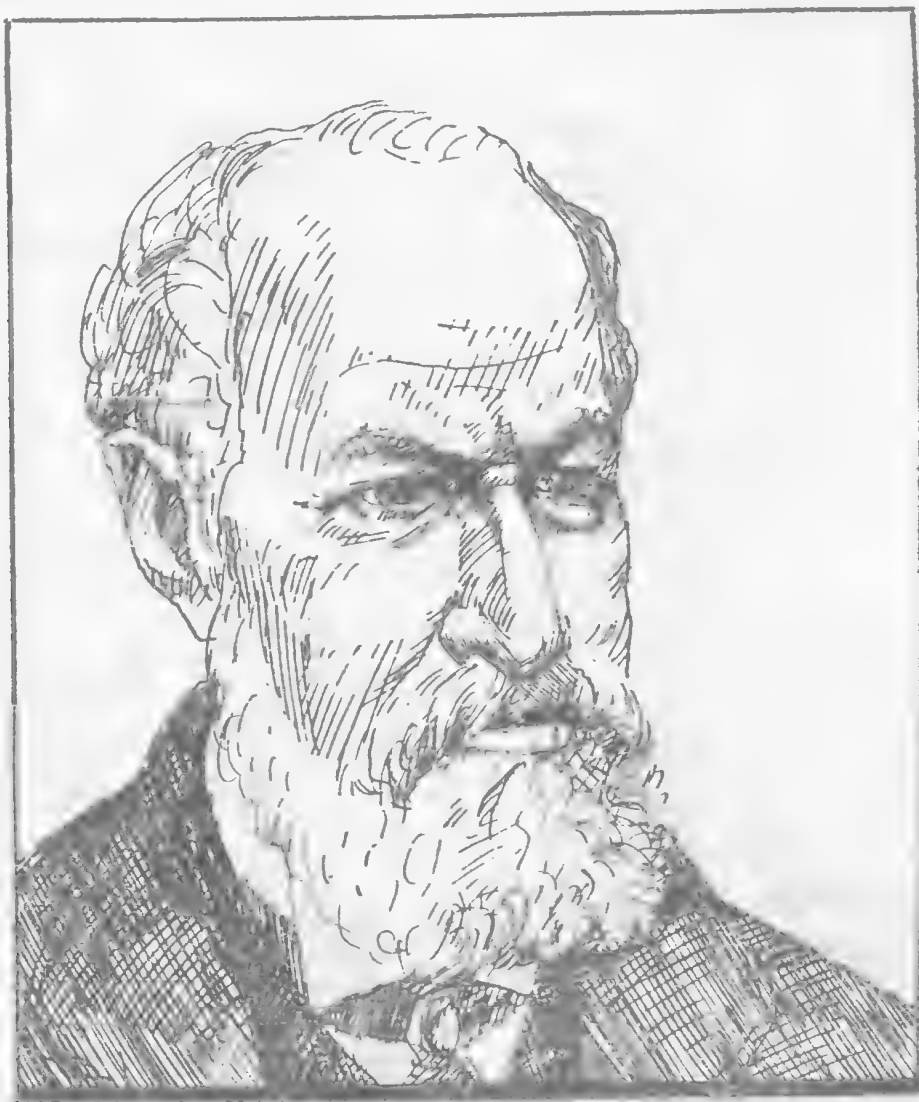
Жюль Жансен

зоваться этим затмением, чтобы изучить спектр солнечных выступов. Взяв с собой спектроскоп, он отправился в далекое морское путешествие. Он поспел вовремя. В тот момент, когда затмение наступило и красные языки вырвались из-за черного лунного диска, Жансен навел на них трубу своего спектроскопа. Он увидел цветные линии — спектр тех раскаленных газов и паров, которые извергает Солнце.

*) Один такой рисунок, сделанный во время испанского затмения 1860 года, помещен на четвертой странице обложки. — *Примеч. сост.*

Линии были такие яркие, что у Жансена невольно возникла мысль: а нельзя ли увидеть их и без затмения, при полном блеске Солнца?

На другой день, когда солнце как ни в чем не бывало выкатилось из-за горизонта и поднялось над пальмами и пагодами, Жансен навел щель спектроскопа на самый край Солнца. Он сделал это так осторожно и так искусно, что в щель спектроскопа попадали только лучи солнечных выступов, а лучи самого солнечного диска проходили мимо.



Норман Локьер

Глядя в спектроскоп, Жансен убедился, что его вчерашняя догадка правильна. В спектроскопе были те самые цветные линии, которые он видел накануне, — линии спектра солнечных выступов.

А если так — Жансен мог решить свою задачу и без затмения. К чему же было ездить в Индию?

И правда, не к чему: английский астроном Локьер, сидя у себя в Англии и ничего не зная о Жансене, сделал то же открытие, что и он.

Парижская академия получила в один день два письма: одно от Жансена, другое от Локьера, и в обоих письмах говорилось об одном и том же открытии.

Письмо Локьера было написано 20 октября 1868 года, а письмо Жансена раньше — 19 августа того же года. Но из городка Гунтур на восточном берегу Индии, где находился Жансен, письмо шло в Европу больше двух месяцев. Вот почему оба письма пришли в Париж в один и тот же день и были зачитаны в заседании Парижской академии 26 октября 1868 года одно через несколько минут после другого.

Это странное совпадение так поразило академиков, что они решили выбить золотую медаль в честь открытия спектра солнечных выступов. На одной стороне медали были портреты Жансена и Локьера, а на другой бог Солнца Аполлон в колеснице, запряженной четверкой коней, и под колесницей надпись: ANALYSE DES PROTUBERANCES SOLAIRES 18 AOUT 1868 (анализ солнечных выступов 18 августа 1868 года).

Солнечное вещество

Что же обнаружили Жансен и Локьер в спектре солнечных выступов?

Прежде всего им обоим бросились в глаза яркие линии водорода: красная, зелено-голубая и синяя.

Но, кроме этих трех линий, в спектре оказалась еще одна линия — желтая. Что значит эта линия, ни Жансен, ни Локьер никак не могли понять. Она расположена довольно близко от того места спектра, где должна была бы лежать желтая линия натрия. Близко, но не совсем в том месте, — значит, это не натрий *).

Откуда же эта линия? Ни одно из веществ, известных химикам того времени, не имело ее в своем спектре.

Жансен и Локьер долго размышляли и наконец пришли к выводу, что неизвестная линия, которую они назвали линией D₃, принадлежит какому-то особому небесному веществу. Очевидно, на Земле его нет, оно существует только на Солнце, за полтораста миллионов километров от нас.

*) На третьей странице обложки помещена фотография солнечного выступа (протуберанца) и его спектр в сопоставлении со спектрами натрия и водорода. Отчетливо видно, что красная, зелено-голубая, синяя и фиолетовая линии в спектре солнечного выступа совпадают с линиями водорода. А желтая линия в спектре выступа не совпадает с желтой линией натрия; она лежит правее, ближе к фиолетовому концу спектра. — *Примеч. сост.*

И поэтому Локьер решил назвать новое, найденное на Солнце вещество именем самого Солнца — «гелий».

«Гелиос» — по-гречески это и значит Солнце.

Вещество было названо, но о свойствах его пока еще не было известно ровно ничего.

Астрономы высказывали только догадку, что гелий, вероятно, очень легкий газ. Ведь когда на солнечной поверхности происходят извержения, то восходящий поток газов захватывает и уносит на огромную высоту только самые легкие вещества.

Вес блохи

История гелия началась на небе, а через двадцать пять лет неожиданно спустилась на землю.

В 1893 году английский физик Джон Уильям Рэлей предпринял точное измерение веса различных газов. В первую очередь стал он взвешивать те газы, с которыми наука раньше всего и больше всего имела дело: водород, кислород и азот.

Для чего понадобилась эта работа? Разве водород, кислород и азот не были взвешены и до Рэлей? Да, вес этих газов был давно известен, но Рэлей захотел взвесить их точнее, чем взвешивали их прежде. В конце прошлого века физики уже не довольствовались грубыми приборами старинных лабораторий. Им потребовались точные цифры, точные знания о свойствах вещей. Новыми, более точными и чуткими приборами физики стали заново измерять плотности тел, температуры плавления и кипения, оптические, химические и электрические свойства.

Джон Уильям Рэлей возмущился самыми точными весами, какие только были у него в лаборатории, и принялся за работу.

Прежде всего он решил заново взвесить водород. Он взял большой стеклянный шар и тщательно измерил, сколько литров газа может в нем поместиться. Потом воздушным насосом выкачал из шара воздух и взвесил шар. Потом наполнил водородом и снова взвесил. Точные веса показали, что шар, наполненный водородом, на столько-то граммов и столько-то миллиграммов тяжелее, чем пустой.

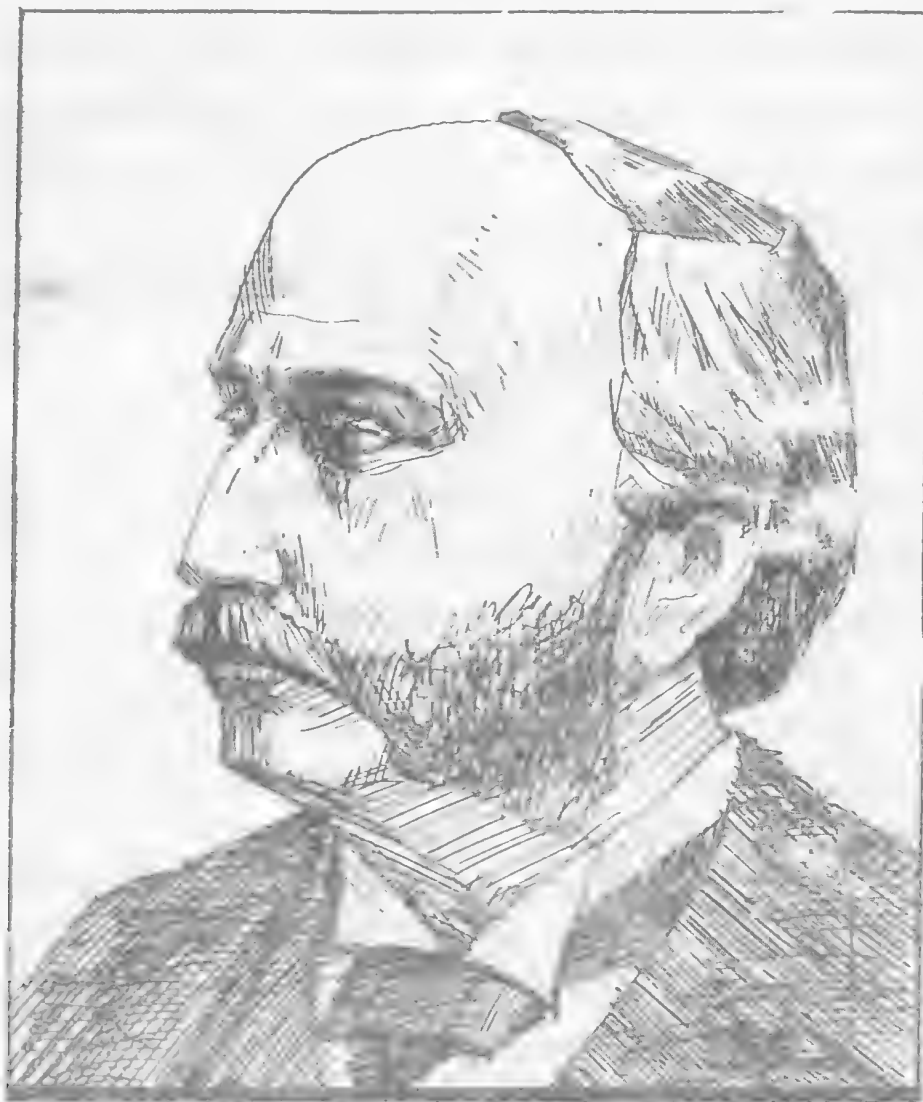
Оставалось только разделить граммы на литры.

Так Рэлей измерил точный вес литра водорода.

Покончив с водородом, он точно так же взвесил и кислород *).

Потом дошла очередь и до азота.

Рэлей взял несколько литров воздуха и очистил его от кислорода. Остался азот, и этим азотом Рэлей напол-



Джон Уильям Рэлей

нил свой стеклянный шар. Взвесив шар на точных весах, он узнал, сколько весит литр азота.

Но это было еще не все. Осторожный физик привык проверять каждый свой опыт различными способами.

Рэлей снова добыл азот, на этот раз не из воздуха, а из другого газа — аммиака. Снова наполнил он азотом стеклянный шар, снова взвесил на точных весах. И тут обнаружилась странная вещь: литр азота, добытый из аммиака, оказался на 6 миллиграммов легче, чем литр азота, добытый из воздуха. На целых шесть миллиграммов!

*) Когда физики говорят о том, сколько весит литр какого-нибудь газа, они подразумевают, что этот газ берется при температуре 0°C при нормальном давлении (нормальное — это такое давление, при котором барометр показывает 760 мм рт. ст.). Рэлей наполнял свой шар газом этого давления и этой температуры.

Шесть миллиграммов — вес небольшой. Это вес блохи. Но один литр азота не должен быть легче другого литра азота даже и на сотую часть блохиного веса!

Рэлей снова взвесил азот воздуха и азот аммиака, и его точные весы снова показали ту же разницу — шесть миллиграммов.

Литр «воздушного» азота весил 1,2565 грамма.

Литр «аммиачного» азота — 1,2507 грамма.

$$\begin{array}{r} 1.2565 \\ - 1.2507 \\ \hline 58 \end{array}$$

«Что за странность? — подумал Рэлей. — И то и другое — азот, но у «воздушного» азота один вес, у «аммиачного» — другой? А что, если для сравнения добыть азот не из воздуха и не из аммиака, а из какого-нибудь другого вещества?»

Рэлей собрал целую коллекцию веществ, содержащих азот: окись азота, закись азота, азотистокислый аммоний, селитру, мочевицу. Из всех этих веществ он извлекал азот и взвешивал на точных весах. И что же? Оказалось, что у азота, добытого из закиси, и у азота, добытого из окиси, и у азота из азотистокислого аммония, и у азота из селитры вес совершенно одинаковый: 1,2507 грамма на литр — точ-в-точь такой, как у азота, добытого из аммиака.

Так почему же у азота, добытого из воздуха, вес больше? Почему «воздушный» азот — исключение? Уж не было ли какой ошибки в опыте с «воздушным» азотом?

Рэлей решил взвесить «воздушный» азот еще раз.

Он снова взял несколько литров воздуха и тщательно очистил их от кислорода. Оставшимся азотом он наполнил стеклянный шар и взвесил — теперь уже в третий раз.

Упрямые весы продолжали показывать одно и то же. Литр «воздушного» азота весил не 1,2507, а 1,2565 грамма.

Разница ничтожная. Начинается она всего только с тысячных долей, с третьей цифры после запятой.

Но один литр азота ни в коем случае не должен весить больше другого литра азота даже и на тысячную долю!

Значит, тут кроется какая-то тайна.

Неизвестная примесь

Рэлей написал письмо о своих опытах в лондонский научный журнал «Nature» (по-русски это значит «Природа»).

Редакция журнала напечатала письмо Рэлей.

«Азот,— писал Рэлей,— весит совершенно одинаково, откуда бы его ни добыть — из азотистокислого аммония, из аммиака, из мочевины, из селитры. Одно только есть исключение: азот, добытый из воздуха. Азот воздуха тяжелее, чем азот аммиака, мочевины, селитры. Значит, азот воздуха — это какой-то особенный азот. Не сумеет ли кто-нибудь из химиков объяснить аномалию (непормальность) воздушного азота?»

Журнал «Nature» — очень известный журнал. Не только в Англии, но и на всем земном шаре нет такого физика или химика, который не читал бы журнала «Nature».

Физики и химики всего мира прочитали письмо Рэлей, но тщетно ждал он ответа. Никто не отозвался на его письмо, никто не сумел объяснить аномалию воздушного азота.

Тогда Рэлей обратился за советом к своему приятелю, лондонскому профессору химии Уильяму Рамзаю. Он подробно рассказал Рамзаю о своих опытах и предложил ему вместе заняться исследованием вопроса о том, почему литр «воздушного» азота на целых 6 миллиграммов расходится в весе с литром всякого другого азота.

Рэлей и Рамзай долго спорили о причинах непонятного расхождения в 6 миллиграммов. Наконец Рамзаю пришла в голову догадка: а что если азот, добытый из воздуха, — не чистый азот? Надо бы узнать, нет ли в нем какой-нибудь неожиданной примеси какого-нибудь тяжелого газа, который и дает эти лишние 6 миллиграммов.

Что же это за газ?

Рамзай еще ничего не знал о нем. Одно только было несомненно: этот газ должен быть тяжелее азота. Если бы он был легче, то и азот, к которому подмешан какой-то процент этого газа, был бы легче, а не тяжелее сто-

процентного азота. Ведь стакан чистого песка легче стакана, наполненного смесью песка и свинцовой дроби.

Но если к азоту воздуха подмешан какой-то тяжелый газ, то как могло случиться, что химики его не заметили?

Химики делали много опытов с воздухом, почему же они до сих пор не обнаружили, что в воздухе, если его очистить от пыли, водяных паров и углекислоты, есть, кроме кислорода и азота, еще какой-то третий газ?



Уильям Рамзай

Рэлей и Рамзай стали рыться в книгах и журналах. Они перечитывали описания всех опытов с воздухом, когда-либо сделанных учеными. Но нигде не отыскали они ни единого слова, которое могло бы подтвердить их догадку о существовании третьего газа.

И только в одной старинной книге, где описывались опыты с «мефитическим газом» (так химики XVIII столетия называли азот), Рэлей и Рамзай наткнулись на одно место, которое заставило их насторожиться.

Забытый опыт

В конце XVIII века жил в Лондоне ученый химик, которого звали Генри Кавендиш. Это был нелюди-мый и одинокий человек. Он появлялся на улицах с

узловатой палкой, в длинном дедовском сюртуке и в широкополой шляпе. О его странностях и причудах по городу ходило множество слухов и басен. Передавали, будто нелюдимость его и суровость доходят до того, что иной раз за целый день он не произносит ни одного слова. Говорили еще, что он очень богат и все свое огромное состояние тратит на всякие опыты и на покупку научных машин и приборов. Об опытах своих и открытиях он никому не рассказывает: опытами и открытиями он занят для собственного удовольствия, и мнение других людей нисколько его не интересует*). Еще говорили, что Кавендиш устроил у себя в доме библиотеку научных книг и открыл в нее доступ всем, кто пожелает ею пользоваться. Каждый посетитель может унести к себе домой любую книгу, оставив хозяину расписку. Шутники утверждали, будто сам Кавендиш так строго и точно соблюдает установленные им в библиотеке порядки, что всякий раз, когда ему случается взять книгу из собственного книжного шкафа, он выдает себе расписку: «Такого-то числа такую-то книгу взял у Генри Кавендиша Генри Кавендиш».

Чудак Кавендиш давно умер. Давно забыты его широкополая шляпа, его сюртук, его причуды. Но физики и химики помнят, что Генри Кавендиш первый открыл, из чего состоит вода, и первый вычислил, сколько весит земной шар.

А в 1785 году, изучая свойства «мефитического газа» — азота, он проделал опыт, который через сто девять

*) В этих рассказах есть доля правды. Многие открытия Кавендиша остались при его жизни неопубликованными. И только через несколько десятилетий после его смерти английский физик Максвелл разыскал его рукописи и напечатал их. В рукописях, изданных Максвеллом, действительно оказалось описание нескольких важных открытий, о которых Кавендиш никому не рассказывал. Из этих открытий самое важное — открытие закона отталкивания и притяжения электрических зарядов; Кавендиш открыл этот закон, но не счел нужным опубликовать его. А через несколько лет, еще при жизни Кавендиша, то же самое открытие сделал французский физик Кулон. Кавендиш даже и тогда не заявил о своем первенстве. Закон взаимодействия электрических зарядов физики с тех пор называют законом Кулона, хотя мы и знаем, что опыты Кавендиша были сделаны раньше, чем опыты Кулона, и были гораздо точнее.

Рэлей и Рамзай знали о работах Кавендиша по книге, опубликованной Максвеллом.

лет научил Рэля и Рамзая, как разгадать тайну «воздушного» азота.

Генри Кавендиш взял стеклянную трубку, изогнутую в виде латинской буквы U. Наполнив трубку смесью азота с кислородом, он вставил ее в рюмки со ртутью — одним концом в одну рюмку, другим в другую (рис. 5).



Генри Кавендиш

А потом стал через смесь азота и кислорода гнать электрические искры.

В наше время есть много усовершенствованных машин для добывания электрических искр — индукционная катушка Румкорфа, высоковольтные трансформаторы, генераторы высокого напряжения. Но во времена Генри Кавендиша всех этих машин еще не было. Ученые знали только один способ добывать электрическую искру: трение. Кавендиш получал электрические искры трением стекла о кожу. В машине, которая была у него в лаборатории, большое стеклянное колесо, вращаясь, терлось о кожаные подушки (рис. 6). Стекло и кожа заряжались электричеством, и это электричество Кавендиш отводил по проволокам в рюмки со ртутью — электричество стекла в одну рюмку, электричество кожи в другую. Когда

электричества в рюмках скапливалось достаточно, электрические искры начинали скакать из одной рюмки в другую по изогнутой трубке, наполненной смесью азота с кислородом.

Кавендишу это и было нужно. Он знал, что под действием электрических искр кислород вступает в химическое соединение с азотом.

И в самом деле, как только посыпались искры, стеклянная трубка наполнялась оранжево-красным дымом.

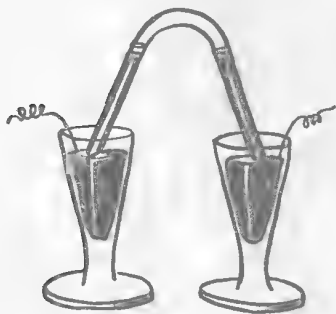


Рис. 5. Рюмки со ртутью

Оранжево-красный дым — это окислы азота, соединение азота с кислородом. Кавендиш набрал в пипетку раствор едкого натра и впустил несколько капель этой жидкости внутрь изогнутой трубки. Оранжевый дым сейчас же исчез. Он без остатка растворился в едком натре.

Но Генри Кавендиш решил гнать искры через трубку до тех пор, пока весь кислород и весь азот, запертые

в ней, не превратятся в окислы азота. Это была трудная задача. Искры получались у Кавендиша слабые, да и следовали они одна за другой не сразу, а через большие промежутки — не то, что в теперешних машинах, где искры сыплются непрерывным потоком. Целых три недели, днем и ночью, сменяя друг друга, Кавендиш и его слуга вращали стеклянное колесо электрической машины. Азот и кислород в трубке медленно соединялись друг с другом, превращаясь в оранжевый дым. Едкий натр уничтожал этот дым, впитывал его в себя. Все меньше и меньше азота с кислородом оставалось в трубке. А освободившееся место заполняла ртуть. И с каждым днем в обоих коленах трубки уровень ртути делался все выше и выше.

Наконец, через три недели, работа была окончена. Ртуть заполнила оба колена трубки. Значит, весь азот, который был в трубке, соединился с кислородом и вместе с ним растворился в едком натре.

Но, приглядевшись внимательнее, Кавендиш увидел над ртутью и едким натром крохотный пузырек газа. Кавендиш еще раз пропустил электрическую искру. Но пузырек не исчезал.

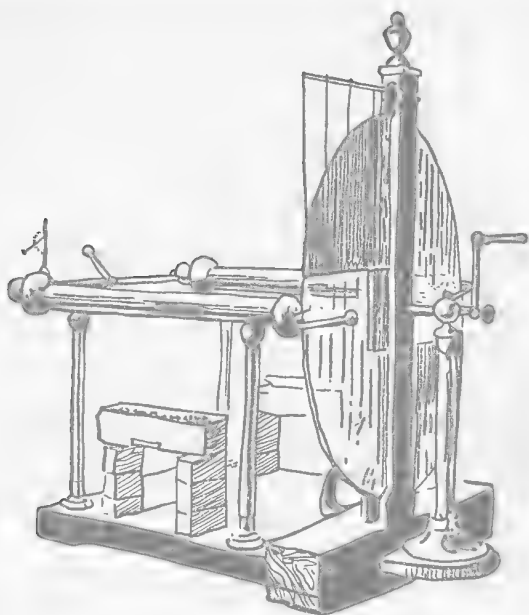


Рис. 6. Электрическая машина Кавендиша

Генри Кавендиш, по своему обыкновению, точно записал все подробности опыта. Не забыл он упомянуть и о крошечном пузырьке.

«Пузырек,— писал Кавендиш,— это был остаток азота, который почему-то не удалось соединить с кислородом».

«Обрати внимание!»

Рамзай не в первый раз читал об этом опыте. Когда он еще не был профессором химии, а был всего только молодым студентом, он перелистывал однажды биографию Кавендиша. В книге были приведены отрывки из лабораторного журнала, в который Кавендиш день за днем вносил все подробности своих опытов. Упоминание о крошечном пузырьке, не пожелавшем соединиться с кислородом, удивило Рамзая. И на полях книги, как раз против строчек о таинственном пузырьке, Рамзай написал карандашом: «look into this» («обрати внимание»).

Впоследствии Рамзай позабыл о пузырьке: у него нашлись задачи поинтереснее, чем проверка опытов, сделанных старым чудаком сто лет тому назад. Но теперь, когда он вместе с Рэлеем задумал объяснить аномалию воздушного азота, он сразу разгадал тайну пузырька. Ведь азот-то для своих опытов Кавендиш добывал не из аммиака, не из селитры, а из воздуха! И при этом азот, который он добыл из воздуха, не весь соединился с кислородом, сколько ни бился над ним старый Кавендиш. В изогнутой трубке, так писал сам Кавендиш, от всего азота остался лишь маленький пузырек, но пузырек этот был особенный, не похожий на обыкновенный азот: никакие искры не могли заставить его соединиться с кислородом.

И вот у Рамзая мелькнула мысль: а что, если этот пузырек был вовсе не азот, а какой-то другой, не замеченный химиками газ, подмешанный к воздушному азоту? Верно, этот неизвестный газ — и есть та самая примесь, которая делает каждый литр воздушного азота на целых 6 миллиграммов тяжелее, чем литр азота из аммиака или селитры.

Но как узнать, верно это или нет? Как проверить эту догадку?

А вот как: если такой газ в самом деле существует, нужно во что бы то ни стало разлучить его с азотом.

Примесь найдена

Физик Рэлей и химик Рамзай заперлись в своих лабораториях и стали порознь решать задачу: как извлечь из воздушного азота спрятанную в нем примесь? Они условились не выходить из лабораторий до тех пор, пока неизвестная примесь не будет выделена. А для того чтобы каждый знал, как идут дела у другого, они ежедневно обменивались через посыльного письмами и протоколами опытов.

Рэлей решил попросту повторить опыт Кавендиша, но в гораздо больших размерах. Ему-то это было легко: ведь в его время физики располагали такими электрическими приборами, о которых Кавендиш, за сто лет перед тем, не смел и мечтать. Если к азоту и в самом деле подмешан какой-то неизвестный газ, не соединяющийся с кислородом, то теперь возможно добыть не крошечный пузырек этого газа, как сделал Кавендиш, а по крайней мере несколько кубических сантиметров. И тогда будет

петрудно изучить этот газ, узнать его химические свойства, взвесить его на точных весах.

Рэлей взял стеклянный баллон и впаял в него две проволоки. Внутри баллона между концами проволок оставалось расстояние в несколько сантиметров. Наружные концы проволок торчали из баллона. Рэлей соединил их с высоковольтным трансформатором (рис. 7).

Когда будет включено электрическое напряжение, внутри баллона с кончика одной проволоки на кончик другой, через маленький промежуток в несколько сантиметров, покажут электрические искры.

Рэлей накачал в баллон несколько литров азота и кислорода, а потом стал вгонять туда насосом раствор едкого натра. Едкий натр фонтаном врывался в баллон и вытекал из него по особой стеклянной трубочке. В то же время Рэлей включил электрическое напряжение.

Посыпались искры, и под действием этих искр азот стал вступать в химическое соединение с кислородом. Рэлейю только этого и надо было: он знал, что, едва лишь азот соединится с кислородом, его можно будет выгнать из баллона с помощью едкого натра. Едкий натр (об этом писал и Кавендиш) поглощает соединение азота с кислородом.

И в самом деле: через несколько часов весь азот, который был в баллоне, соединился с кислородом и ушел прочь из баллона вместе со струей едкого натра.

Азот ушел из баллона, но баллон не совсем опустел. На это указывал манометр — прибор, которым измеряют давление газа на стенки сосуда. Значит, в баллоне остался какой-то газ — очевидно, тот самый подмешанный к азоту газ, который так упорно искали Рэлей и Рамзай.

Этот газ не соединяется с кислородом, не растворяется в едком натре. Потому-то он и остался в баллоне.

Рэлей тщательно просушил и профильтровал новый газ, продувая его через фарфоровую трубку с горячими медными опилками. Горячие медные опилки очистили газ и от того ничтожного количества кислорода, которое все еще в нем оставалось.

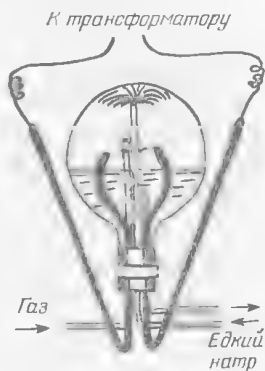


Рис. 7. Прибор Рэрея

Так Рэлей решил свою задачу — выделил неизвестный газ, подмешанный к азоту.

А как решил ту же задачу Рамзай?

Он поступил иначе. В его химической лаборатории не было высоковольтного трансформатора, какой был в лаборатории физика Рэрея. Но Рамзай был опытным химиком. Ему и без трансформатора удалось разлучить азот с неизвестным газом.

Он достал трубочку из тугоплавкого стекла, насыпал в нее кусочки магния и засунул ее в электрическую печку. Когда печка нагрелась, кусочки магния раскалились докрасна.

Тогда Рамзай взял насос и стал гонять взад и вперед по этой трубочке азот, добытый из воздуха.

Раскаленный магний — это ловушка для азота: магний впитывает его в себя. Десять дней подряд гонял Рамзай по трубочке несколько литров азота. Наконец весь азот был поглощен раскаленным магнием.

Но в трубочке остался газ, который ни за что не соглашался соединиться с магнием.

Рэлей и Рамзай шли разными путями, но пришли к одной и той же цели. Неизвестный газ был пойман, выделен, очищен и заперт в стеклянный баллон.

Ленивый газ

Оба ученых сейчас же принялись изучать новооткрытый газ. Наконец-то им удалось взвесить его на весах в чистом виде и узнать, правильна ли догадка Рамзая, что новый газ тяжелее, чем азот.

Да, тяжелее. Почти в полтора раза.

Так было объяснено расхождение в весе между «воздушным» и «аммиачным» азотом.

После этого Рэлей и Рамзай стали проделывать с новым газом всевозможные химические опыты. Они уже знали, что он не соединяется ни с кислородом, ни с магнием: ведь потому-то им и удалось извлечь его из азота.

Но с какими же веществами он соединяется?

Множество разных веществ испытали Рэлей и Рамзай. Они попробовали соединить новый газ с водородом, с хлором, с фтором, с металлами, с углем, с серой. Но все было напрасно: газ упорно отказывался вступать в химическое соединение. Не помогло ни сильное нагревание, ни сжатие, ни электрические искры, ни прикосновение губчатой платины — словом, ни один из многочислен-

ных способов, которые применяют химики, чтобы заставить вещества соединяться друг с другом. В конце концов Рэлей и Рамзай вынуждены были прийти к заключению, что нет на свете такого вещества, с которым мог бы соединиться открытый ими газ.

Ученые еще никогда не встречали газа, обладающего таким странным свойством. Рэлей и Рамзай придумали для него название «аргон». По-гречески это значит «ленивый».

Победа точности

В августе 1894 года в старинном университетском городке Оксфорде состоялся съезд английских физиков, химиков, естествоиспытателей. На этом съезде Рэлей впервые рассказал о новом открытии. Его доклад вызвал удивление и недоверие. Еще бы! Каждый школьник знает, что воздух состоит из кислорода и азота. Так написано во всех учебниках. А Рэлей и Рамзай решаются утверждать, что в каждом литре воздуха, самого обыкновенного воздуха, того воздуха, которым мы дышим, есть еще девять кубических сантиметров нового, не замеченного химиками газа.

Девять кубических сантиметров на литр — это не так уж мало. «В каждом кубометре воздуха, — утверждал в своем докладе Рэлей, — содержится около пятнадцати граммов аргона. В зале, в котором заседает съезд, по этому расчету должно содержаться несколько пудов аргона».

С удивлением выслушали химики рассказ Рэрея.

Но еще больше удивились они, когда Рэлей заявил, что берется доказать существование аргона при помощи... трубок для курения табака! Рэлей тут же взял восемь таких трубок — восемь прямых коротких трубок из обожженной глины, какие курят англичане, — и соединил их гуттаперчевыми креплениями. Получилась одна прямая и длинная труба. Он вставил ее в стеклянный сосуд, соединенный с воздушным насосом: труба входила в сосуд через отверстие в крышке, а выходила через отверстие в дне.

Все щели прибора Рэлей тщательно залил сургучом.

Потом он принялся гнать по трубе добытый из воздуха азот.

Азот втекал в один конец трубы, а из другого вытекал в газометр. Но вытекал не весь — большая часть его

терялась по дороге. Ведь обожженная глина — это пористый материал со множеством микроскопических трещинок и лазеек. Через эти-то лазейки азот и просачивался наружу в сосуд. А для того чтобы он просачивался еще быстрее, из сосуда все время выкачивали воздух. Лишь ничтожными остатками азота удавалось пройти через трубу от одного конца до другого и попасть в газометр.

Рэлей взял из газометра кубический сантиметр газа и на глазах у химиков взвесил его. Оказалось, что он был на целых двенадцать — пятнадцать процентов тяжелее, чем кубический сантиметр обыкновенного азота.

И вот Рэлей предложил съезду вопрос: как объяснить этот удивительный опыт? Почему азот, пройдя по глиняной трубке, сделался более тяжелым газом? Неужели же простая глиняная трубка отличается какими-то особыми волшебными свойствами?

Есть только одно объяснение: по глиняной трубке проходил не азот, а смесь азота с каким-то более тяжелым газом. Оба газа терялись по дороге, просачиваясь сквозь глину в стеклянный сосуд. Но терялись они не одинаково: легкий газ просачивался быстрее, а тяжелый медленнее*). И вот потому-то в газометре оказалось больше тяжелого газа, чем легкого. Это была уже не смесь азота с аргоном, а почти чистый аргон.

Другого объяснения нет и не может быть. Опыт с восемью курительными трубками наглядно доказал существование нового газа.

Для большей убедительности Рэлей и Рамзай продемонстрировали оксфордскому съезду и чистый аргон, добытый в опыте с электрическими искрами и в опыте с раскаленным магнием. Съезду пришлось поверить в аргон.

Новый газ, не соединяющийся ни с какими другими веществами, получил в августе 1894 года полное признание. Вслед за английскими химиками его признали и химики во всех других странах.

История аргона началась с разницы в числах — 1,2507 и 1,2565. Разница очень ничтожная: какие-то тысячные доли, третья цифра после запятой. Но эта третья цифра выдала аргон с головой.

*) Чем тяжелее газ, тем медленнее он просачивается через обожженную глину. Этот физический закон открыл английский физик Грэм. Закон Грэма оправдывается и на примере азота с аргоном.

Если бы старый Кавендиш обнаружил эту третью цифру после запятой, он понял бы, что значил его крошечный пузырек газа.

Он держал аргон в руках, но аргон остался неоткрытым.

У Кавендиша не было тех чувствительных и тонких приборов, которыми взвешивали тысячные доли грамма Рэлей и Рамзай. У Кавендиша не было точных весов.

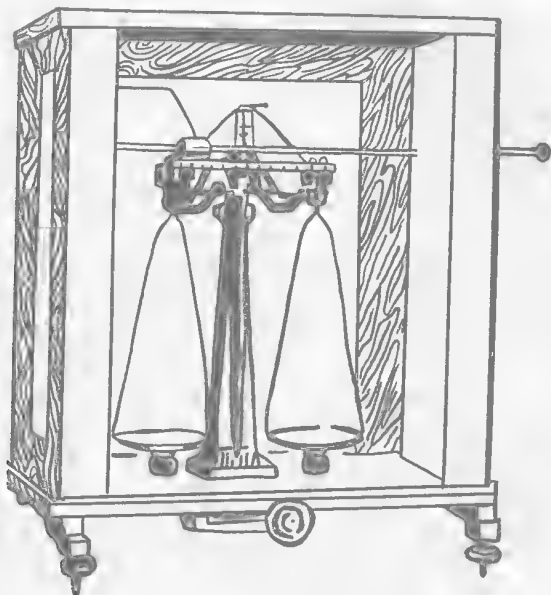


Рис. 8. Весы

Открытие аргона в конце XIX века — это была победа точности, победа третьей цифры после запятой. Это была победа весов.

С неба на землю

Однажды утром в феврале 1895 года Рамзай получил письмо от лондонского химика Генри Майерса. Майерс писал, что в одном из старых номеров американского геологического журнала была помещена интересная статья, на которую теперь, после открытия аргона, следовало бы обратить внимание.

Автор статьи — геолог Хильдебранд — утверждал, что некоторые очень редкие минералы обладают замечательным свойством. Если их кипятить в серной кислоте, они выделяют какой-то газ, который не поддерживает горения и сам не горит — по мнению Хильдебранда, азот. Один из минералов, выделяющих такой негорючий газ, — это клеверит. Он был найден в Норвегии знаменитым полярным путешественником Норденшельдом, который обнаружил черные зернышки и прожилки клеверита в некоторых горных породах.

«Быть может, — писал Майерс, — газ, полученный из клеверита, совсем не азот, а новый газ аргон?»

Рамзай сперва не заинтересовался сообщением Майерса. В то время он был занят важным делом — точным измерением плотности и теплоемкости аргона. Он прочел письмо и отложил его в сторону. Но через несколько недель, когда измерения были закончены, он вспомнил о Майерсе, перечел письмо и сразу взялся за дело. Он позвал мальчика, прислуживавшего в лаборатории, и велел ему достать как можно больше клеверита. Мальчик обошел все химические магазины Лондона и к полудню принес Рамзаю один грамм клеверита. Это стоило 3 шиллинга и 6 пенсов.

Рамзай и его ассистент Мэтьюз приступили к опыту. Они стали прогревать кусочек клеверита в пробирке с серной кислотой и уже к вечеру того же дня извлекли несколько кубических сантиметров газа.

Четыре дня ушло на то, чтобы очистить газ от тех примесей, которые легко соединяются с другими веществами. Примесей было немного — большая часть газа ни с чем не хотела соединяться.

Очищенный от примесей газ Рамзай ввел в стеклянную трубочку для наблюдения спектра (рис. 9).

Эта трубочка посередине очень узка, а у концов пошире. С обоих концов в нее впаяны платиновые проволочки. Когда нужно изучить спектр какого-нибудь газа, этим газом наполняют трубочку и запаивают ее. Затем по платиновым проволочкам через трубочку пропускают электрический ток. Под действием тока в самом узком месте трубочки газ начинает ярко светиться, и тогда с помощью спектроскопа можно рассмотреть его спектр.

Рамзай прекрасно знал, какой у аргона спектр. В этом спектре должны ярко светиться оранжевые и зеленые линии.

Но у газа, который вышел из клевета при нагревании, линии оказались иные: желтая линия и несколько слабых линий других цветов.

В первую минуту Рамзай был готов подумать, что эту желтую линию дает натрий. Уж не попала ли каким-нибудь образом в спектроскопическую трубочку пылинка натрия? Может быть, к платиновым проволочкам пристала какая-то грязь, в которой был натрий? Но ведь



Рис. 9. Стеклопаяная трубочка с газом для наблюдения спектра

спектроскопическую трубочку Рамзай приготовил собственными руками, а у него не было привычки брать для работы грязные платиновые проволочки. А может быть, дело тут не в посторонней примеси, а в самом спектроскопе? Может быть, желтая линия, которую увидел Рамзай в спектре, была не настоящей линией, а «привидением»? (Спектроскописты называют «привидениями» и «духами» те линии, которые появляются в спектре из-за неисправности спектроскопа.)

Рамзай разобрал свой спектроскоп, протер замшевой тряпочкой призму, проверил щель. Все было в полном порядке. И все-таки, когда он вновь собрал спектроскоп, желтая линия загорелась на прежнем месте. Она не хотела уходить. Она не была привидением.

Как же в конце концов проверить — совпадает ли эта желтая линия с желтой линией натрия?

Рамзай нарочно ввел в трубочку немножко натрия, снова запаял ее и принялся рассматривать спектр.

Прежняя желтая линия осталась на месте, но рядом с ней появилась другая, на этот раз настоящая линия натрия.

Теперь уж больше не оставалось ни малейших сомнений в том, что первая желтая линия принадлежит не натрию, а какому-то другому веществу. Но какому же?

Рамзай перебрал в памяти спектры всех известных ему веществ. Ничего подходящего он не мог припомнить. Наконец после долгих размышлений он вспомнил о той желтой линии D_3 , которую открыли Жансен и Локьер тридцать лет назад. По своему расположению в спектре она как будто совпадает с загадочной желтой линией, которую нашел Рамзай. А если это так, то газ,

выходящий из клевета, не азот, не аргон, а солнечный газ — гелий.

У Рамзая не было приборов, чтобы точно определять положение линий в спектре. Поэтому он послал спектроскопическую трубочку с новым газом лондонскому физiku Уильяму Круксу — одному из лучших тогдашних специалистов по спектроскопии. Осторожный в своих научных выводах, Рамзай утаил от Крукса свое предположение, что найденный им газ — это гелий. Он написал только, что нашел какой-то новый газ, который предлагает назвать «криптоном», и просит Крукса тщательно определить положение всех линий в спектре нового газа.

Крукс пропустил через криптон электрический ток. И вот в спектроскопе вспыхнула та самая желтая линия гелия, которую Жансен и Локьер нашли в спектре солнечных выступов.

Значит, в присланной от Рамзая трубочке находится то самое таинственное вещество, которого не держал в руках ни один человек на земле.

Крукс послал Рамзаю городскую телеграмму. В ней было всего несколько слов:

Crypton is Helium. Come and see it Crookes

По-русски это означает: «Криптон — это гелий. Присажайте — увидите. Крукс».

Так был найден на Земле гелий, найденный на Солнце за двадцать семь лет перед тем.

Рамзай немедленно приехал в лабораторию Крукса, и они вместе занялись подробным изучением спектра гелия. Кроме желтой линии D_3 , они обнаружили в спектре гелия еще пять линий: две красные, одну зеленую, одну синюю и одну фиолетовую. Эти линии не были замечены астрономами потому, что в спектре солнечных выступов они горят недостаточно ярко. Гелий, найденный на Земле, дал ученым возможность полнее и подробнее рассмотреть его спектр.

После измерений Крукса уже нельзя было сомневаться в том, что найденный Рамзаем газ есть действительно гелий *).

*) Был ли Рамзай первым человеком, увидевшим на Земле вещество, которое испускает линию D_3 ? В 1881 году итальянец Пальмисри напечатал статью, в которой утверждал, что ему уда-

В тот же день — 23 марта 1895 года — Рамзай решил опубликовать свое открытие. Он послал короткое сообщение Лондонскому Королевскому обществу (так называется высшее научное учреждение в Англии) и одновременно написал письмо известному французскому химику академику Бертело с просьбой сообщить Парижской академии наук об открытии гелия на Земле.

В истории открытий бывают странные совпадения.

Через две недели после Рамзая другой химик, швед Ланглей, тоже добыл гелий, тоже из клевета, и сообщил о своем открытии тому же академику Бертело. Письмо его было помечено 8 апреля 1895 года.

Новая задача

Как только Рамзай добыл из клевета гелий, он сейчас же стал проделывать с ним разнообразные опыты. Ведь он был первый химик на свете, которому посчастливилось держать в руках солнечное вещество.

Гелий, открытый на Солнце, нельзя было взвешивать. Астрономы только догадывались, что это один из легчайших газов. Рамзай впервые взвесил гелий. Он убедился, что астрономы были правы: гелий и в самом деле оказался очень легким газом. Из всех газов один только водород легче гелия, а все другие тяжелее. Воздух тяжелее гелия почти в семь раз.

Потом Рамзай решил испытать, может ли гелий химически соединяться с другими веществами.

Он перепробовал множество веществ, но ни с одним из них гелий не захотел соединяться.

Значит, гелий тоже ленивый газ, как и аргон.

А если так, то не поискать ли его в воздухе? Ведь газ, который не желает соединяться с другими веществами, непременно уйдет в воздух. Даже если он находится в недрах земли, в горных породах, то и тогда проберется он в атмосферу по трещинкам и порам.

лось наблюдать желтую линию гелия в спектре лавы вулкана Везувия. Поэтому многие думают, что не Рамзай открыл гелий на Земле, а Пальмиери — за четырнадцать лет до Рамзая. Но вернее всего, что Пальмиери попросту ошибся. В наше время химики доказали, что гелия в лаве очень мало — так мало, что Пальмиери не мог наблюдать линию гелия в тех условиях, в которых он работал. Желтая линия, которую он видел, принадлежала, вероятно, натрию.

Как же узнать, есть ли в атмосфере гелий? Как добыть гелий не из редкого минерала клевеита, а из самого обыкновенного воздуха?

Если правда, что гелий растворен в воздухе, то есть только один способ извлечь его оттуда.

Нужно удалить из воздуха все другие газы — убрать кислород, убрать азот, убрать аргон. То, что останется, это, верно, и будет гелий.

Но как же это сделать? Как удалить из воздуха кислород, азот и аргон?

Кислород удалить нетрудно. Рамзай знал, что раскаленная медь поглощает кислород, присоединяет его к себе. Батарея фарфоровых трубок, наполненных раскаленными медными опилками, — вот прибор для удаления кислорода из воздуха. Насосы гонят воздух по трубкам — из одной в другую, — и по дороге кислород застревает в раскаленных опилках. И вот из батареи в закрытый сосуд, в газометр, течет уже не воздух, а воздух минус кислород, воздух, освобожденный от кислорода.

После кислорода легко убрать и азот. Тут уж не медь нужна, а другой металл — магний. Нужно взять такие же фарфоровые трубки, но наполнить их не раскаленной медью, а раскаленным магнием. Из второй батареи в газометр будет вытекать не воздух, а воздух минус кислород и минус азот.

Ну, а как быть с аргонем? Ведь аргон ленивый газ: он не соединится ни с магнием, ни с медью. Нет такого раскаленного металла, который мог бы впитать в себя аргон. Он пройдет через обе батареи и не застрянет в пути.

И гелий тоже ленив, он тоже не застрянет в раскаленных опилках. Вместе с аргонем он проскочит через обе батареи.

Как же отделить гелий от аргона? Как из смеси аргона с гелием добыть чистый гелий?

Рамзай долго ломал себе голову над этой задачей. Если бы можно было найти такое вещество, которое соединяется с аргонем, но не с гелием, — тогда задача была бы решена. Аргон застрял бы в этом веществе, как раньше застряли кислород и азот, и в газометре остался бы чистый гелий.

Но ведь в том-то и беда, что такого вещества в природе нет. Ни одно вещество не соединяется с ленивым газом аргонем.

Значит, аргон нельзя удалить тем же способом, каким были удалены кислород и азот.

Задача казалась неразрешимой.

Ключ к решению

Только после долгого раздумья Рамзай понял, что ему делать. Он вспомнил, как поступают химики, когда из смеси спирта с водой нужно добыть чистый спирт.

Спирт испаряется быстрее, чем вода. Этим-то и пользуются химики. Они нагревают смесь. Первые порции пара, поднимающиеся над жидкостью, — это пары чистого спирта. Следующие порции — это смесь паров воды и паров спирта. А последним идет уже чистый водяной пар.

С первыми порциями пара дела немного. Стоит охладить этот пар, и он сразу превратится в чистый спирт.

А вот со следующими порциями, со смесью паров, возни больше. Их тоже собирают, тоже охлаждают, но в холодильник теперь уже течет не чистый спирт, а смесь воды и спирта. Эту смесь снова пускают в перегонный аппарат, снова нагревают, и вот опять поднимаются пары — сперва пары чистого спирта, а за ними и смесь, которую еще раз пускают в перегонку. И вся эта история повторяется до тех пор, пока не удастся окончательно разлучить воду со спиртом.

Этот хлопотливый, но верный способ отделения одной жидкости от другой называется у химиков дробной перегонкой.

На этот раз Рамзай решил отделить дробной перегонкой гелий от аргона.

Но разве это возможно? Ведь дробной перегонкой химики разлучают жидкости, а гелий и аргон — газы.

Рамзай доказал, что это возможно. Нужно только превратить воздух в жидкость, а потом дать ему испариться. При перегонке составные части воздуха будут уходить из него не все сразу, а по очереди: сперва уйдет та, которая легче всего испаряется, а за ней и другие, которые испаряются медленнее.

Так дробная перегонка поможет отделить гелий от аргона.

Значит, остановка только за тем, чтобы сделать воздух жидким.

Для этого нужен очень большой холод: при 192 градусах ниже нуля воздух превращается в жидкость.

Нигде на Земле такого мороза не бывает. Но люди научились создавать его сами. Мороз в -192 градуса производят особые холодильные машины.

Почти в каждой хорошо оборудованной лаборатории вы найдете в наше время холодильную машину. Но в те времена, когда Рамзай занимался поисками гелия в воздухе, в целом мире существовали всего лишь три-четыре лаборатории, в которых сложными и громоздкими способами добывался жидкий воздух.

Рамзай был в большом затруднении. Для задуманной работы требовалось много жидкого воздуха. А он был редкостью.

Но тут Рамзаю неожиданно повезло. На его счастье, как раз в ту пору, когда жидкий воздух был ему необходим, а достать его было нелегко, — в эти самые дни, как будто нарочно для него, изобрели холодильную машину, такую простую и удобную, что ее можно было завести в каждой лаборатории.

Два человека изобрели ее в одно и то же время. Они жили в разных странах и работали порознь. Но изобретенные ими машины устроены совершенно одинаково.

Изготовление холода

Если воздух сильно сжать, а затем дать ему быстро расшириться, он сразу охладится. На этом физическом законе и основано устройство холодильной машины (рис. 10).

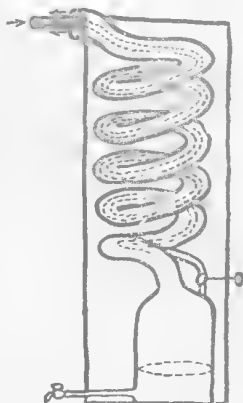
В машину подают воздух. Мощные насосы сжимают его в узкой трубе, а затем выгоняют в просторную камеру. Тут он сразу расширяется и становится холоднее. Этим охлажденным воздухом охлаждают новую порцию сжатого воздуха, поступившую в машину. А расширившись, она становится еще холоднее. Второй порцией охлаждают третью, третьей четвертую, и наконец в машине наступает мороз в -192 градуса. Воздух так охлажден, что превратился в жидкость.

Теперь вся задача в том, чтоб он остался жидкостью, а не испарился вновь. Нужно защитить его от наружного тепла. Недостаточно держать его в обыкновенном леднике. Для него и ледник — баня. Он будет кипеть на льду как на горячих углях, кипеть самым настоящим образом — булькать, шипеть, плевать и уходить паром в воздух. Выставьте его на пятидесяти-, шестидесяти-, восьмидесятиградусный мороз, отвезите его на Северный

полюс — он и там выкипит в одну минуту. Как же держать его в лаборатории, в комнатном тепле?

Есть такой стеклянный сосуд с двойными посеребренными стенками (рис. 11). Между внутренней и наружной

Рис. 10. Машина для превращения воздуха в жидкость. Сжатый воздух втекает в машину по внутренней трубке, обозначенной на рисунке штрихом. Попав в камеру, воздух расширяется, делается холоднее и возвращается по наружной трубе. Поднимаясь по наружной трубе, он охлаждает новую порцию сжатого воздуха, которая в это время опускается в камеру по внутренней трубке. В конце концов воздух превращается в жидкость и каплями стекает в камеру. Открыв кран, можно выпустить из машины жидкий воздух, как кипяток из самовара



стенкой — пустота: оттуда выкачан воздух. Пустота — это лучшая преграда для тепла. Тепло почти не проникает внутрь сосуда, и жидкий воздух часами остается у нас в плену.

Такие сосуды называются дьюарами. Их изобрел английский физик Дьюар.

Дьюар сам приготавливал у себя в лаборатории жидкий воздух, но его способ превращения воздуха в жидкость был сложен и труден, а к тому же изобретатель хранил его в секрете.

Практичные и доступные холодильные машины были изобретены другими учеными — немцем Линде и англичанином Хэмпсоном.

Хэмпсон жил в том же городе, что и Рамзай, — в Лондоне. Он знал, что Рамзаю нужен жидкий воздух.

Первые сто кубических сантиметров, добытых новой холодильной машиной, Хэмпсон налил в дьюар и послал Рамзаю.

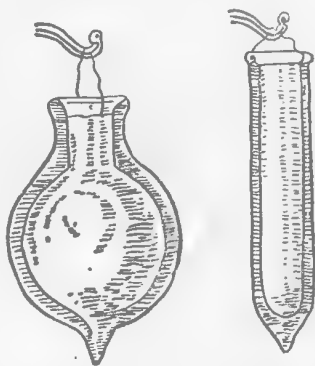


Рис. 11. Сосуды Дьюара

Нечаянная находка

Молодые химики, работавшие в лаборатории Рамзая, оставили свои склянки, тигли и весы и побежали взглянуть на невиданное вещество — жидкий воздух. Каждому хотелось посмотреть, как будет Рамзай извлекать из жидкого воздуха гелий.

Но прежде чем заняться поисками гелия, Рамзай показал своим ученикам несколько удивительных опытов.

Он опустил в жидкий воздух резиновый мячик, а потом вынул его и бросил об пол. Мячик не подпрыгнул, а разлетелся вдребезги: резина при температуре жидкого воздуха потеряла свою упругость и сделалась хрупкой, как стекло. Потом Рамзай опустил в жидкий воздух флакопчик со ртутью. Ртуть сейчас же замерзла и стала крепче железа. Тут же, на глазах у своих учеников, Рамзай сделал из замерзшей ртути молоток и вбил им в стенку гвоздь. Потом он погрузил в жидкий воздух кусок хлеба, а через минуту вынул его оттуда и приказал завесить все окна в лаборатории плотными шторами. В комнате стало темно, и все увидели, что обыкновенный белый хлеб, побывавший в жидком воздухе, светится голубым сиянием.

Много еще других опытов проделал Рамзай. Все знакомые вещи чудесно менялись, погружаясь в кипящую без огня жидкость. Молодые химики стояли вокруг и следили за каждым движением Рамзая. Одно только было им непонятно: почему он все откладывает поиски гелия и тратит время на фокусы? А между тем драгоценная жидкость испаряется в открытом сосуде, и с каждой минутой ее становится все меньше и меньше.

Еще сильнее удивились химики, когда Рамзай, прекратив свои опыты, оставил дьюар на столе и спокойно отправился обедать.

Вернулся он только через полтора часа. В дьюаре кипели ничтожные остатки жидкого воздуха — несколько кубических сантиметров. Но Рамзай это несколько не смутило. Он с умыслом оттягивал время. «Гелий, — думал он, — как и большинство газов, по всей вероятности, улетучивается медленнее, чем кислород и азот. Поэтому пусть жидкий воздух испаряется: из него уйдет почти весь кислород с азотом, а гелий во всяком случае останется в дьюаре».

Когда жидкого воздуха осталось немного, всего только два-три кубических сантиметра, Рамзай перелил его в закрытый сосуд — газометр, — чтобы пар, богатый гелием, не растекался больше по комнате. В газометре жидкость продолжала кипеть, но пары оставались заперты.

Рамзай полагал, что в этих-то парах и содержится гелий.

Чтобы окончательно очистить пары от кислорода и азота, Рамзай стал продувать их через батарею фарфоровых трубок — сперва с раскаленной медью, а потом с раскаленным магнием. В первой батарее газ нацело избавился от кислорода, а во второй — от азота.

Наконец-то у Рамзая было несколько пузырьков газа, проскочившего через обе батареи. Он ввел их в спектроскопическую трубочку и включил электрический ток.

Запертые в трубочке газы засветились, и Рамзай начал изучать их спектр.

Он увидел спектральные линии аргона — оранжевые и зеленые. Они горели точь-в-точь на тех местах, где Рамзай привык их видеть в аргоновом спектре. Но линий гелия в спекте не было.

Видно, гелий улетучился прежде, чем жидкий воздух был перелит из дьюара в газометр.

Значит, Рамзай ошибся в своих расчетах. Одно из двух: либо гелия в воздухе нет, либо он испаряется с той же быстротой, что кислород и азот, а может, еще быстрее.

Но Рамзаю не пришлось жалеть о своей ошибке. Внимательно рассмотрев спектр, он обнаружил в нем, кроме линий аргона, еще какие-то две яркие спектральные линии, которых он никогда прежде не видал, — одну желтую, другую зеленую. Ни та, ни другая не совпадала со спектральными линиями известных раньше веществ. Значит, вместе с аргоном в спектроскопической трубочке оказался какой-то новый газ.

Рамзай решил назвать этот газ криптоном. Криптон — по-гречески значит «скрытый». Когда-то Рамзай собирался назвать криптоном гелий, но так как у гелия уже было имя, которое дал ему астроном Локьер, — имя «криптон» пригодилось для нового газа.

Криптона в воздухе очень мало, но он улетучивался из дьюара медленно — гораздо медленнее, чем кислород и азот. Вот потому-то последние остатки жидкого воздуха, перелитые в газометр, оказались богатыми крипто-

пом. И чувствительный спектроскоп явственно обнаружил рядом с зелеными и оранжевыми линиями аргона желтую и зеленую линию криптопа.

Так Рамзай искал в воздухе гелий, а нашел криптон.

Гелий открыт в третий раз

Через два дня Хэмпсон снова прислал Рамзаю жидкий воздух, на этот раз уже несколько литров. Рамзай решил возобновить охоту за гелием. Неудача прежней попытки не смущала его. Теперь он уже знал,

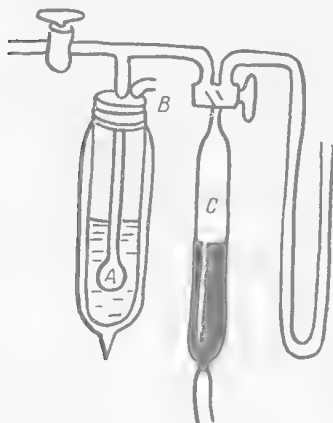


Рис. 12. Прибор Рамзая для сжижения аргона. В газометре *C* находится ртуть, а над нею аргон. Если открыть кран, аргон потечет по трубке в стеклянный шар *A*, погруженный в дьюар с жидким воздухом. Трубка *B* устроена для того, чтобы жидкий воздух, испаряясь и превращаясь в газообразный, свободно уходил в атмосферу. (Если бы трубки *B* не было, то при испарении жидкого воздуха давление в дьюаре возрастало бы непрерывно и в конце концов дьюар разорвался бы на куски)

как поступить. Гелий — если только в воздухе он есть — испаряется быстрее, чем кислород, азот и аргон. Значит, нужно искать его не в последних остатках испаряющегося жидкого воздуха или жидкого аргона, а в первых пузырьках уходящего пара.

Рамзай взял 15 литров аргона, запер их в стеклянный баллон, а баллон погрузил в полученный от Хэмпсона жидкий воздух. Аргон сильно охладился и тоже стал жидким (рис. 12).

Тогда Рамзай принялся медленно выпаривать его. Первые пузырьки пара он перевел в спектроскопическую трубочку и пропустил через нее ток.

Газ в трубочке загорелся оранжево-красным огнем.

Когда Рамзай стал смотреть в спектроскоп, он увидел множество ярких оранжевых линий. Эти линии лежали в спектре па тех местах, где не горят линии ни одного из веществ, известных химикам раньше. Значит,

Рамзаю опять удалось найти какой-то, до той поры неизвестный газ.

Рамзай сразу же придумал для нового газа имя. Он решил назвать его неоном. Неон — по-гречески значит «новый».

Но в спектре были не только незнакомые линии нового газа неона. Рядом с ними горела и желтая линия. Она была тусклой, но все же Рамзай ее заметил. Он точно измерил ее положение в спектре.

Сомнений у него больше не оставалось. Это была желтая линия D₃, спектральная линия гелия.

Значит, все-таки Рамзай оказался прав. Гелий — таинственный солнечный газ — и в самом деле содержится в воздухе. Вместе с воздухом он окружает нас со всех сторон и входит в наши легкие.

Через несколько лет Рамзаю как-то пришлось читать публичную лекцию. Излагая историю своего открытия, он сказал:

— Поиски гелия напоминают мне поиски очков, которые старый профессор ищет на ковре, на столе, под газетами и находит наконец у себя на носу. Гелий очень долго искали. А он был в воздухе!

Компания лентяев

Целых три года изучал Рамзай новооткрытые газы. Помощник Рамзая, Трэверс, построил машину, способную производить еще больший холод, чем машина Хэмпсона. Хэмпсон добился мороза в -192°C , а в машине, построенной Трэверсом, стоял двухсотградусный мороз. У Хэмпсона в жидкость превращался воздух, а у Трэверса не только воздух, но и водород. Аргон у Хэмпсона был жидким как вода, а у Трэверса он замерзал и становился твердым как лед.

Рамзай и Трэверс стали выпаривать твердый аргон и собирать первые порции пара отдельно от последующих.

Первым всегда уходил гелий. А когда мороз делался слабее, начинал улетучиваться и неон. За ним испарялись аргон и криптон. А в самых последних пузырьках пара Рамзай и Трэверс отыскивали еще один неизвестный газ. Его они называли ксеноном. По-гречески это значит «чуждый».

Каждый новый газ они очищали и взвешивали на точных весах.

Паконец работа была закончена.

Когда-то, до Рэлея и Рамзая, ученые были уверены, что воздух состоит только из кислорода и азота. Потом был открыт аргон. А Рамзай и Трэверс доказали, что и каждому литру воздуха подмешано, кроме аргона, 18 кубических миллиметров неона, 5 кубических миллиметров гелия, 1 кубический миллиметр криптона, одна десятая кубического миллиметра ксенона.

Добыв из воздуха эти газы, Рамзай принялся проделывать с ними всевозможные опыты. Он хотел узнать, вступают ли они в какие-нибудь химические соединения.

Оказалось, что не вступают. Не только аргон и гелий, но и неон, криптон и ксенон не захотели соединяться ни с одним веществом.

Гелий, аргон, неон, криптон, ксенон — все они оказались инертными — ленивыми газами. Целая компания лентяев! И всех их Рамзай выделил из воздуха, очистил и изучил. Он изучил их спектры, измерил их плотности, температуры замерзания и кипения *).

Первое время эти ленивые газы были большой редкостью в лабораториях. Очень немногие химики могли похвастаться тем, что держали в руках хотя бы крохотный пузырек неона или гелия. А криптон и ксенон еще и в наше время редко можно найти в химической лаборатории, несмотря на то что после их открытия прошло уже немало лет. И это понятно: на литр воздуха приходится криптона всего только 1 кубический миллиметр, а ксенона еще того меньше. И добыть их из воздуха очень трудно.

Только аргон и неон давно перестали быть редкостью. Их добывают из воздуха на химических заводах. В Москве на заводе «Сжатый газ» есть машина, выпускающая $2\frac{1}{2}$ тысячи литров аргона в час.

Скоро станут добывать на заводах и криптон и ксенон. В 1934 году Парижская академия наук напечатала статью

*) С одним лишь исключением: измерить температуру замерзания и кипения гелия Рамзаю не удалось. Для этого нужно было бы превратить гелий в жидкость и затем узнать, при какой температуре жидкий гелий кипит, а при какой замерзает. Но холод, который создавала построенная Трэверсом машина, был недостаточен силен. Гелий в этой машине не хотел делаться жидким.

Превратить гелий в жидкость удалось впервые не Рамзаю, а другому ученому — голландцу Каммерлинг-Оннесу. Произошло это в 1908 году. Для превращения гелия в жидкость понадобилось создать мороз в -269 градусов.

французского химика Клода. Клод пишет, что его ассистент Гомонэ построил машину для добывания криптона и ксенона. В свою машину он наливает жидкий воздух. Сквозь этот жидкий воздух насосы гонят струю обыкновенного — газообразного — воздуха. Из этой струи каплями выпадают криптон и ксенон и оседают в жидком воздухе. Чем дольше работает машина, тем богаче криптоном и ксеноном становится жидкость. Машина Гомонэ извлекает из воздуха пол-литра криптона в час. Это не очень много. Но Клод и Гомонэ уже начали строить машину, которая будет добывать каждый час 100 литров криптона и 10 литров ксенона *).

А для чего нужны эти ленивые газы? Стоит ли их добывать?

Стоит. Они нужны электротехникам. Электротехники наполняют ими электрические лампочки. Лампочка накаливания, наполненная аргоном или неоном, горит ярче обыкновенной, дольше служит и расходует меньше энергии. А если ее наполнить криптоном или ксеноном, то она будет еще ярче, еще долговечней. Обыкновенная лампочка, рассчитанная на 110 вольт, мгновенно перегорает, если пустить в нее ток с напряжением 200 вольт. А лампочка, наполненная криптоном, выдерживает такую перегрузку много часов и не портится.

Всем, кто бывал в большом городе, случалось видеть электрическую рекламу. В окнах больших магазинов, на вывесках кинематографов горят узоры и надписи, составленные из стеклянных светящихся трубок.

Знаете ли вы, что светится в этих трубках? Трубка, горящая синим светом, наполнена разреженным аргоном; трубка, дающая красновато-оранжевый свет, — неон.

Это те самые газы, которые добыл из воздуха профессор Рамзай. Светятся они потому, что через них проходит электрический ток.

*) Опыты по извлечению больших количеств криптона и ксенона из жидкого воздуха стоили жизни сотруднику Клода — Рибо: во время одного опыта он погиб. Однако работы Клода, Гомонэ, Липде и их сотрудников привели к тому, что в распоряжении ученых оказались большие количества криптона и скоро в Западной Европе вошли в употребление криптоновые лампы.

В 1936 году Академии наук СССР еще приходилось обращаться за ксеноном и криптоном в лабораторию Клода, но с 1938 года промышленность СССР сама стала производить эти газы. — *Примеч. сост.*

Вглядитесь в трубку, наполненную неопом, когда она светится. Многие говорят, что этот свет неприятен, что он режет глаза. Но у него есть чудесное свойство: он далеко виден даже в тумане.

В лондонском предместье Кройдон стоит маяк для самолетов и дирижаблей. Это железная башня, на которой укреплены шестнадцать стеклянных трубок. Каждая трубка длиной 6 метров. Все они наполнены неопом.

В туманные ночи, когда не видно ни луны, ни звезд, ярко светятся неоновые трубки, указывая дорогу воздушным кораблям.

Поиски во всех направлениях

Солнечный газ гелий был найден трижды: сначала в солнечных выступах, потом в кометах и наконец — вместе с другими ленивыми газами — в воздухе. Но ученые на этом не остановились.

Если ленивые газы растворены в воздухе, то почему бы им не быть растворенными также и в воде? Химики принялись искать ленивые газы и в дождевой воде, и в речной, и в морской, и в ключевой, и в водопроводной. И действительно они их там обнаружили, но в ничтожном количестве: вода содержит еще меньше ленивых газов, чем воздух. Одно только исключение — минеральная вода. В некоторых минеральных источниках было обнаружено довольно много гелия. Немецкий физик Кайзер нашел гелий в воде одного источника в горах Шварцвальда, Рамзай отыскал гелий в целебном источнике Котрэ в Пиренейских горах, а Рэлей — в водах, бьющих из-под земли в известном английском курорте Бат.

Нет такого вещества, в котором химики не искали бы гелия, аргона и других ленивых газов. Они исследовали и вулканическую лаву, и всевозможные руды, и падающие с неба метеориты. Одному химику даже пришла в голову мысль поискать эти газы в растениях и животных. Он растолоч горох и подверг исследованию его химический состав, чтобы узнать, нет ли в горохе гелия. Потом он захлороформировал двух мышей, а когда они умерли — высушил их тела в электрической печке, тоже растолоч и занялся изучением порошка: нет ли в мышах гелия?

Но самый тщательный химический анализ не мог обнаружить в мышах ни гелия, ни аргона *).

А вот во многих минералах действительно удалось найти гелий. Гелий давно уже был найден в клеверите — почему бы не поискать его и в других минералах? Рамзай и Трэверс принялись за работу. И вскоре гелий был найден в уранипите, фергусоните, самарските, колумбите, монаците.

Но больше всего гелия оказалось в одном минерале, который добывают на острове Цейлон. Называется этот минерал ториацит. Если килограмм ториацита раскалить докрасна, то он отдаст около десяти литров гелия.

Много минералов изучил Рамзай, ища в них гелий. Из своих наблюдений он вывел странное правило: гелий всегда оказывается в тех минералах, которые содержат металлы уран и торий. Если в состав минерала входит металл уран или металл торий, то в нем наверняка можно рассчитывать найти и гелий. А если в минерале нет ни урана, ни тория, то из него не удастся выжать ни одного пузырька гелия.

Долго думал Рамзай о том, что бы это могло означать. Гелий не соединяется ни с ураном, ни с торием: ведь он ленивый газ. Так почему же он всегда встречается там, где встречаются уран и торий? Что общего у него с ними?

Но как Рамзай ни старался, как ни ломал себе голову, ему не удалось разрешить эту загадку.

Загадку разрешили другие — физик Резерфорд и химик Содди.

*) Эти опыты делал химик Макдональд. Другие химики подтвердили вывод Макдональда: в животных и растениях нет ленивых газов. Но два немецких химика — Шлезинг и Рихард — сделали другой вывод. Им пришла в голову фантазия — добыть воздух из плавательного пузыря рыб и посмотреть, много ли там аргона и других ленивых газов. Как и следовало ожидать, оказалось, что у всех пород рыб в плавательном пузыре содержится самый обыкновенный воздух: в нем ровно столько же аргона, как и в воздухе, взятом из атмосферы. И только у одной породы рыб — у хищных рыб мурен, которые водятся в Средиземном море, — воздух плавательного пузыря почему-то оказался в полтора раза богаче аргоном, чем обыкновенный воздух. До сих пор никто не знает, почему мурены имеют такую странную особенность. Но может быть, что Шлезинг и Рихард просто ошиблись. Это очень вероятно, потому что их опытов никто не повторял.

Невидимые лучи

Металл уран был известен химикам давно — еще с XVIII века. Химики изучили и чистый уран и разнообразнейшие соединения урана с другими веществами. Но никому из них не приходило в голову, что в уране есть что-то необыкновенное. И в самом деле, на первый взгляд ничего необыкновенного в уране нет. По виду он похож на серебро, по тяжести на платину, а химические свойства у него почти такие же, как у металла вольфрама. Химики были твердо убеждены, что уран — заурядный металл, металл, каких много.

Но в марте 1896 года парижский химик Беккерель *) неожиданно обнаружил, что этот заурядный металл имеет странное свойство: он испускает лучи. Прошло несколько месяцев, и другой химик, Шмидт, заметил, что такие же лучи испускает другой металл — торий. Потом в Париже двое ученых — Пьер Кюри и его жена Мария Кюри — открыли в урановой руде примесь третьего металла, испускающего лучи, — металла радия. А в Канаде, в городе Монреаль, два молодых человека — физик Резерфорд и химик Содди — нашли еще одно вещество, испускающее лучи. На этот раз вещество оказалось не металлом, а газом. В металле радия были обнаружены крохотные пузырьки нового газа, испускающего лучи. Резерфорд и Содди собрали пузырьки и изучили их. Оказалось, что это ленивый газ, такой же, как аргон, гелий, неон, криптон, ксенон. Резерфорд и Содди дали новому ленивому газу имя нитон. По-гречески это значит «сияющий» **).

Уран, торий, радий, нитон — четыре вещества, испускающие лучи. Из них первые два — уран и торий — были известны уже целое столетие. Почему же так долго никто не замечал, что они испускают лучи? Почему это было открыто только в конце XIX века?

Да потому, что эти лучи — невидимые.

Раскаленный уголь, раскаленное железо, расплавленная платина испускают лучи, которые можно увидеть

*) Антуан Анри Беккерель (отец и дед которого тоже были известными учеными) занимался и химией, но самые знаменитые его открытия относятся к физике. — *Примеч. сост.*

**) Название «нитон» не удержалось. Чаще называли этот газ другим именем: «эмапация радия». А потом ему дали еще и третье имя — «радон». — *Примеч. сост.*



Эрнст Резерфорд



Фредерик Содди

глазами. А торий, уран, радий, ниобий испускают лучи, которые увидеть невозможно.

А если так, то каким же образом физики все-таки заметили эти лучи?

Лучей урана, тория, ниобия, радия не видит человеческий глаз. Но их видит фотографическая пластинка.



Рис. 13. Фотография, снятая лучами радия. Фредерик Содди сделал такой опыт: он взял стеклянную трубочку, в которой было немного радия, и фотографическую пластинку, запертую в кассету, в которую не проникает ни один луч света. Содди стал водить трубочкой, как карандашом по кассете. Лучи, испускаемые радием, прошли через кассету, и на пластинке отпечатались те самые

слова — *Radium writing* («писание радием»), — которые Содди вывел на кассете своей трубочкой. После этого Содди проявил пластинку, отфиксировал ее и приготовил позитив

Пластинка чернеет, когда на нее падают невидимые лучи (рис. 13).

Но есть и еще способ заметить их безо всякой фотографической пластинки. Существует такое вещество: сернистый цинк. Когда на сернистый цинк падают невидимые лучи, он начинает светиться.

Английский физик Крукс, тот самый Крукс, который когда-то телеграфировал Рамзаю, что «криптон — это ге-

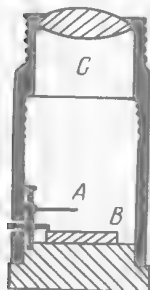


Рис. 14 Справа — прибор Крукса для наблюдения вспышек на сернистом цинке. Слева — схема прибора (А — пылинки радия на кончике иглы, В — сернистый цинк, С — лупа)

лий», захотел узнать, что происходит с сернистым цинком, когда на него падают невидимые лучи.

Он взял маленький медный стаканчик (рис. 14). Дно стаканчика он обмазал сернистым цинком. А внутри

на высоте нескольких миллиметров над дном, он прикрепил к стенке иголочку. На острие иголки была посажена крохотная невидимая пылинка радия. Потом он пошел в темную комнату и принялся смотреть на дно стаканчика сквозь увеличительное стекло.

Сперва он не видел ничего, но потом, когда его глаза привыкли к темноте, он обнаружил удивительное явление.

На дне стаканчика вспыхивали искорки. Вспыхивали и сейчас же угасали. Искорок было много. Они загорались то здесь, то там. Все дно стаканчика было усыпано ими — совсем как уголок ночного неба, густо усыпанный звездами. С одной только разницей. На глазах у астронома звезды не гаснут. Не одна сотня тысячелетий пройдет перед тем, как изменится привычный рисунок созвездий, распадется Большая Медведица, распустится Пояс Ориона. А звездочки, которые видел Крукс, загорались и гасли каждое мгновение. Каждое мгновение падались одни созвездия и вспыхивали другие.

Это светился сернистый цинк, на который падали невидимые лучи, испускаемые радием.

Глядя на вспышки, Крукс сделал важный вывод о природе таинственных лучей. Если бы радий испускал свои лучи непрерывно, как солнце испускает свои, то дно стаканчика светилось бы равномерным блеском. Но на поверхности сернистого цинка появлялись только отдельные вспышки, а потом они исчезали, и вместо них появлялись новые. Значит, радий испускает свои лучи не сплошным потоком, а отдельными взрывами, отдельными комочками, отдельными частичками.

Лучи, испускаемые радием, — это поток каких-то частиц, которые вылетают из него, как пули из пулемета. И то, что видел Крукс, — это была бомбардировка сернистого цинка таинственными микроскопическими снарядами, которые вылетали из крошечной пылинки радия на кончике иглы *).

Рождение гелия

Известие об опыте Крукса дошло до лаборатории Резерфорда и Содди в далеком Монреале. И это известие неожиданно натолкнуло молодых ученых

*) Вспышки, которые наблюдал Крукс, называются сцинтилляциями. И в наши дни это явление помогает изучать процессы микромира. — *Примеч. сост.*

на решение вопроса, над которым безуспешно бился Рамзай.

Резерфорд и Содди сопоставили два факта.

Факт № 1: гелий, как установил Рамзай, всегда обнаруживается в минералах вместе с веществами, испускающими невидимые лучи, — с торием и ураном.

Факт № 2: невидимые лучи, как установил Крукс, это поток каких-то частиц.

Между этими фактами, рассуждали Резерфорд и Содди, должна существовать какая-то связь. Какая же?

Резерфорд и Содди решились на смелую догадку:

Частицы, вылетающие из урана, тория, радия, нитона, — это частицы гелия. В уране, тории, радии, нитоне непрерывно рождается гелий. Вот почему в минералах, где есть уран и торий, всегда оказывается и гелий.

Проверка опытом

Высказать догадку — этого мало. Нужно суметь доказать, что она правильна. А для этого есть только одно средство — опыт.

Весной 1903 года Фредерик Содди приехал в Англию. В Лондоне он увиделся со знаменитым Рамзаем. Они решили проверить на опыте, верно ли, что частицы, которые наблюдал Крукс, это частицы гелия.

Рамзай и Содди наполнили спектроскопическую трубочку нитонем. Через трубочку пустили электрический ток, и нитон засветился голубоватым огнем. Тогда Рамзай и Содди взяли спектроскоп и стали рассматривать спектр. Они увидели три яркие линии: оранжевую, желтую, зеленую. Это были спектральные линии нитона. Никаких других линий в спектре не было видно.

Рамзай и Содди оставили нитон в спектроскопической трубочке и ушли. А через два дня они вернулись в лабораторию, снова включили ток и снова рассмотрели спектр заперттого в трубочке газа. И что же? Спектральные линии нитона горели на своих местах в оранжевом, желтом и зеленом участке спектра, но они стали гораздо слабее, чем за два дня перед тем. А рядом с ними горели новые линии, которых два дня назад не было. Рамзай и Содди сразу узнали их: это были спектральные линии гелия.

Извне гелий не мог попасть в спектроскопическую трубочку. Значит, он возник в самой трубочке, возник из нитона.

Прошло еще два дня, и Рамзай и Содди снова пропустили через свою трубочку ток. Трубочка зажглась, и сразу же стало видно, что с запертным газом произошла еще большая перемена. Четыре дня назад трубочка светилась голубоватым огнем. А теперь огонь был желто-белый — точь-в-точь такой, каким светятся трубки, наполненные гелием. Теперь можно было и без спектроскопа увидеть, что в трубочке гелий. А когда Рамзай и Содди все-таки заглянули в спектроскоп, то у них исчезли и последние сомнения. Спектральные линии нитона еще светились в спектре, но так слабо, что были еле видны. А спектральные линии гелия горели ярким блеском.

Так на глазах у Рамзая и Содди родился гелий.

Рождение гелия из нитона было доказано.

Сколько лет клевету?

Нитон превращается в гелий. А как же уран и торий? Ведь химики уже очень давно имели дело с этими металлами, и никто не заметил, что они превращаются в гелий. А если так, то нет ли какой-нибудь ошибки в утверждениях Резерфорда и Содди о том, что гелий рождается не только в нитоне, но и в уране и в тории?

Резерфорд и Содди продолжали настаивать: никакой ошибки нет. Разница между ураном и нитоном та, что нитон превращается в гелий быстро — в течение нескольких дней, а уран очень медленно. Потому-то никто до сих пор и не заметил превращения урана в гелий.

Содди взял большую колбу, наполнил ее веществами, содержащими уран, и тщательно удалил все газы, которые были растворены в этих веществах. Затем он закрыл колбу — так, чтобы никакие газы не могли проникнуть туда извне. А через год он снова исследовал содержимое колбы и обнаружил, что в ней появился гелий, которого раньше не было. Правда, гелия было очень мало — всего лишь одна десятая часть кубического миллиметра, — но для чувствительного спектроскопа и этого оказалось довольно. Содди явственно увидел желтую спектральную линию гелия. Значит, из урана тоже рождается гелий.

В колбе у Содди была тысяча граммов урана. А извлек он из колбы всего только десятую часть кубического миллиметра гелия.

Крохотный пузырек гелия — это все, что получилось из килограмма урана за год. Весит этот пузырек всего лишь одну пятидесятимиллионную долю грамма. Вот как медленно превращается уран в гелий: из каждой тонны урана ежегодно образуется всего лишь две сотых миллиграмма гелия!

Нет ничего удивительного в том, что химики до Соди не смогли заметить превращения урана в гелий. Соди заметил гелий только потому, что он его искал.

Но если уран превращается в гелий так медленно, то почему же в минералах, содержащих уран, пахнут иногда большое количество гелия?

Ответ ясен: потому, что эти минералы лежат в земной коре очень давно — миллионы, а то и сотни миллионов лет.

Гелий, найденный Рамзаем в клевете, это гелий, возникший из урана. А гелий, который извлекают из ториянита, это гелий, возникший из тория и из урана (в торияните есть и торий, и уран).

Сколько же лет пролежали в земле клеветы, ториянит, фергусонит, монацит, прежде чем попали в руки человека?

Геологи не могли ответить на этот вопрос.

За них ответили физики после того, как узнали тайну рождения гелия.

Физика узнает возраст Земли

Английский физик Стретт*) взял кусок минерала гематита. Минерал был добыт из пластов земной коры, хорошо исследованных геологами. По окаменелым остаткам животных и растений геологи давно изучили эпоху, в которую возникли эти пласты.

В Европе тогда было жарко, как теперь в тропиках. Всю Европу покрывали леса, но не такие леса, какие бывают в тропических странах в наше время, а совсем другие. Вместо лиственных деревьев в них возвышались гигантские хвощи и папоротники (рис. 15). В лесах было множество скорпионов, пауков и всяческих насекомых, но нельзя было бы отыскать ни одной птицы, ни одного млекопитающего. А о человеке и говорить нечего:

*) Роберт Стретт — старший сын уже известного нам Дюана Уильяма Рэлея — после смерти отца унаследовал его дворянский титул и стал именоваться четвертым бароном Рэлеем (первым был его прадед). — *Примеч. сост.*



Рис. 15. Так выглядела Земля в каменноугольную эпоху

на всем земной шаре тогда еще не было ни одного человека.

Эту далекую эпоху геологи прозвали «каменноугольной».

У них не было сомнений в том, что каменноугольная эпоха была очень давно. Но как давно? Сто тысяч лет тому назад, или миллиард лет тому назад, или триллион лет тому назад? На это геологи не могли дать ответа. Ведь людей в каменноугольную эпоху не было — значит, некому было отмечать время.

Столетия и тысячелетия шли, никем не считанные. Как же сосчитать их теперь, когда они уже давно прошли?

Стретт сумел их сосчитать. Для него это была простая арифметическая задача.

Взяв кусок гематита, выкопанный из пластов, которые возникли в каменноугольную эпоху, он исследовал его состав. Оказалось, что на каждый грамм урана в гематите приходится около двадцати кубических сантиметров гелия. А мы знаем, что в каждой граммме урана рождается в год одна десятиллионная доля кубического сантиметра гелия. Весь этот гелий полностью должен был остаться в гематите, потому что в гематите нет трещинок и пор, по которым гелий мог бы пробраться наружу. Сколько же нужно было лет, чтобы гелия накопилось двадцать кубических сантиметров, если каждый год накапливается одна десятиллионная часть кубического сантиметра?

Ясно, что двести миллионов лет.

Следовательно, каменноугольная эпоха была двести миллионов лет тому назад.

Стретт измерил количество гелия не только в гематите, но в разных других минералах, оставшихся от всевозможных геологических эпох. И каждое такое измерение открывало ему новую дату истории Земли.

Он вычислил, что юрская эпоха — так называется та эпоха, когда млекопитающих еще не было, а по воздуху летали крылатые ящеры и зубастые птицы, — была сто миллионов лет тому назад, а самая древняя эпоха — архейская, — когда на Земле еще совсем не существовало животных, — была около миллиарда лет тому назад.

Миллионы и миллиарды лет гематит, уранинит, клеверит, торванит, фергусонит, монацит копили в себе гелий.

Измерив количество гелия, ученые установили хронологию Земли.

Минералы, содержащие уран и торий, стали хронометрами, по которым физики и геологи отсчитали не секунды, не минуты и не часы, а тысячелетия и миллионы лет.

Гелий на войне

Осенью 1914 года в северной Франции шли ожесточенные бои. Французы, англичане и бельгийцы медленно отступали под напором германских армий.

Однажды на рассвете английские сторожевые самолеты заметили в небе германский цеппелин*), который плыл прямо на них, очевидно, направляясь к Парижу. О появлении цеппелина летчики немедленно допели в штаб, и английская зенитная артиллерия встретила неприятельский воздушный корабль зажигательными снарядами.

Зажигательные снаряды — это самое верное средство истребления дирижаблей. Как только такой снаряд попадает в оболочку дирижабля, водород, которым наполнена оболочка, мгновенно вспыхивает, и дирижабль сгорает, как солома. Из ста двадцати трех цеппелинов, построенных в Германии во время мировой войны, сорок погибло от зажигательных снарядов.

Но на этот раз цеппелин не сгорел. Снаряд пробил прорезиненную ткань оболочки, и раненый дирижабль, медленно истекая газом, поплыл обратно.

Англичане недоумевали. Водород — горючий газ, водород воспламеняется от малейшей искры. Что же произошло? Отчего водород не вспыхнул? Военные специалисты долго обсуждали удивительное происшествие, но никто не мог догадаться, в чем дело.

Загадка оставалась загадкой.

Наконец британское адмиралтейство получило письмо от химика Ричарда Трелфолла, которому удалось найти решение этой головоломки.

«Я полагаю, — писал Трелфолл, — что немцы изобрели какой-то способ добывать в большом количестве гелий и на этот раз наполнили оболочку своего цеппелина не водородом, как обычно, а гелием. Гелий очень легкий газ, всего лишь в два раза тяжелее водорода. Значит, дирижабль, наполненный гелием, мало чем уступит в подъемной силе дирижаблю, наполненному водородом**).

*) Цеппелин, или дирижабль, — летательный аппарат легче воздуха с корпусом, наполненным легким газом. — *Примеч. сост.*

**) Многие читатели, вероятно, сочтут это рассуждение неправильным. Может ли быть, что подъемная сила гелия всего на несколько процентов меньше подъемной силы водорода? Ведь гелий тяжелее водорода в два раза!

Но проделаем математический расчет (на с. 64).

А в других отношениях гелий имеет огромные преимущества перед водородом. Ведь водород охотно присоединяет к себе кислород; потому-то он и воспламеняется так легко. Гелий же не соединяется ни с чем. Невозможно заставить его соединиться с кислородом, — на то он и ленивый газ. Если немецкий цеппелин в самом деле был наполнен гелием, то нет ничего удивительного в том, что зажигательные снаряды не причинили ему большого вреда».

Доводы Трелфолла звучали убедительно. Но у всех, кто прочел его письмо, оставалось одно сомнение. Гелий — очень редкий газ, а на цеппелин требуется его не меньше чем пять-шесть тысяч кубических метров. Откуда же немецкие инженеры достали его так много? Может быть, они извлекли гелий из минералов, как когда-то извлек его Рамзай? Но минералы, содержащие гелий, не дешевы. Неужели же немцы раздобыли десятки тысяч тонн монацита или торианита? Да в Германии и нет таких минералов. Монацитовый песок им пришлось бы ввозить из Бразилии, торианит с Цейлона, а время военное. Не нагружать же броненосцы бразильским песком!

Правда, существует другой источник гелия: воздух. Воздух, разумеется, есть и в Германии, его не надо привозить из чужих краев. Но зато в воздухе гелия очень мало. Холодильная машина системы Линде может в течение одного часа превратить несколько сот кубических метров воздуха в жидкость. Из этого жидкого воздуха можно извлечь два-три литра гелия. Два-три литра гелия в час, сколько же это составит в год? Не очень много: кубометров двадцать — двадцать пять. Чтобы на-

Известно, что водород в четырнадцать с половиной раз легче воздуха. Предположим, что мы наполнили оболочку дирижабля водородом такого же давления и такой же температуры, как окружающий воздух. Примем вес этого количества водорода за единицу. Это значит, что тяжесть тянет водород к Земле с силой, равной 1. А окружающий воздух, по закону Архимеда, будет выталкивать тот же самый водород вверх с силой, равной $14\frac{1}{2}$ (весу вытесненного воздуха). Останется в результате подъемная сила $14\frac{1}{2} - 1 = 13\frac{1}{2}$.

Если же наполнить эту оболочку не водородом, а гелием, то вес его будет равен не 1, а 2. А сила, с которой окружающий воздух стремится вытолкнуть дирижабль вверх, по-прежнему равна $14\frac{1}{2}$. Значит, подъемная сила будет равна $14\frac{1}{2} - 2 = 12\frac{1}{2}$, то есть на 1 меньше, чем $13\frac{1}{2}$. А единица составляет всего только 8 % от $13\frac{1}{2}$. Поэтому и подъемная сила гелия как раз на 8 % меньше подъемной силы водорода.

полнить небольшой цеппелин, холодильная машина Линде должна была бы работать несколько сот лет без перерыва. Можно, конечно, построить несколько сот холодильных машин и заставить их работать всего только год. Но и это не очень выгодно. Ведь машины дорого стоят; не дешево обойдется и топливо, которое нужно затратить, чтобы приводить в движение насосы, качающие в машину воздух. Добыча гелия для одного цеппелина обошлась бы в огромную сумму денег. Вряд ли во время войны, когда на счету каждая копейка, немцы могли решиться на такой большой расход.

Ясно, что немцы добыли гелий как-то иначе. Значит, в природе существуют какие-то другие источники гелия, более богатые, чем воздух и минералы. Что же это за источники?

Опять ищут гелий

Британское адмиралтейство созвало совещание специалистов. Были тут и химики, и физики, и геологи. Долго обсуждали они вопрос о том, какие существуют в природе источники гелия. Наконец кто-то из них вспомнил об одной статье, которую написали в 1907 году американские химики Кэди и Макфарланд.

Кэди и Макфарланд произвели химический анализ природных газов, которые были найдены искателями нефти вблизи городка Декстер в штате Канзас.

Природными газами называются газы, бьющие из трещин земной коры. Газовые фонтаны — явление довольно обычное в тех местах, где в земле есть нефть. Большей частью это горючие газы: их можно употреблять на освещение и отопление, а можно и добывать из них разные ценные вещества — фенол, бензол, нафталин, антрацен и другие.

Кэди и Макфарланд изучили присланный им из Декстера газ. Опыты показали, что полтора процента в нем — гелий.

С тех пор и во многих других местах, богатых нефтью, химики не раз находили гелий в бьющих из-под земли природных газах.

Долгие годы никому не приходило в голову использовать гелий для практических надобностей, и потому люди не уделяли достаточного внимания газам, содержащим гелий. Но в 1914 году английские химики указали адмиралтейству, что из таких газов извлекать гелий де-

шевле и проще, чем из монацитовых песков и из воздуха.

Быть может, немцы добыли гелий для своего цепелина не из природных газов, а как-нибудь иначе — установить это с полной достоверностью было нельзя, — но самая мысль о возможности добывать гелий из природных газов заинтересовала английское командование.

Адмиралтейство обратилось к химикам и геологам Англии и английских владений — Канады, Австралии, Новой Зеландии — с предложением немедленно приступить к самым тщательным поискам гелия в природных газах. Гелий приобрел неожиданную ценность. За гелием стали охотиться. Наконец канадскому физiku Макленнану, исследовавшему различные нефтяные газы в Канаде, посчастливилось найти в них гелий. В 1918 году по поручению британского адмиралтейства он построил небольшой опытный завод вблизи города Гамильтон (Онтарио, Канада) для добычи гелия из природных газов. Несколько тысяч кубических метров гелия были готовы к отправке в Европу, когда война неожиданно прекратилась и весь этот добытый гелий оказался ненужным.

Лучший газ для дирижаблей

Только в 1930 году англичане впервые наполнили дирижабль гелием. Это был огромный дирижабль «R-100».

Он вылетел из Англии в Канаду наполненный водородом, а вернулся оттуда наполненный гелием.

А как обстояло дело с драгоценным газом в других странах?

Японцы пробовали было добывать гелий из монацитовых песков в провинциях Секидамеи и Исикава, но скоро оставили эту невыгодную затею. В японском монацитовом песке оказалось очень мало гелия, — так мало, что для наполнения гелием большого современного дирижабля надо было переработать больше миллиона тонн этого песка *).

*) Японские профессора химии Тавака и Нагаи, отчаявшись в возможности достать для японских дирижаблей гелий, пошли по совершенно другому пути. Они стали думать, нельзя ли прибавить к водороду такую примесь, чтобы он сделался невоспламеняемым. С помощью примесей им действительно удалось сфабриковать негорючий водород. Но оказалось, что подъемная сила негорючего водорода на несколько процентов меньше, чем подъемная сила гелия. Поэтому такой негорючий водород (химики называют его «флегматизованным») мало пригоден для дирижаблей.

Немцы во время войны, как об этом правильно догадался английский химик, в самом деле добывали гелий. Но не из природных газов — газов, богатых гелием, в Германии нет.

Чтобы достать гелий, немцы пустились на хитрость: в течение нескольких лет перед войной все немецкие пароходы, возившие товары в Индию и в Бразилию, возвращались оттуда, груженные вместо обычного балласта монацитовым песком. В Германии скопилось 5 тысяч тонн монацитового песка. Из этого песка немецкие химики добыли несколько тысяч кубометров гелия. Кроме того, они нашли гелий в воде минерального источника в курорте Наухейм. Из этого источника немцы ежедневно добывали 70 кубических метров гелия. Это составляет всего 25 тысяч кубометров в год. А на большой дирижабль требовалось не меньше 100 тысяч кубометров.

Гелия для военных дирижаблей не хватало. А к концу войны и наухеймский источник иссяк.

Единственное в мире государство, обильное природными источниками гелия, это Соединенные Штаты Америки. Но добывать этот гелий для наполнения дирижаблей американцы принялись лишь после того, как вступили в войну с Германией. Еще в 1916 году во всех американских лабораториях, вместе взятых, не было даже и одной десятой части кубического метра гелия. Гелий можно было купить только в самых ничтожных количествах, да и то по баснословной цене: двести тысяч золотых рублей за кубический метр.

Только в 1917 году, после вступления Америки в войну, был построен завод для добычи гелия в городе Форт-Уорс в штате Канзас. Но война очень скоро прекратилась. Американцы, как и англичане, не успели воспользоваться гелием для военных целей. И все-таки они продолжали добывать его. А в сентябре 1923 года им, наконец, удалось накопить несколько десятков тысяч кубометров гелия. Этим гелием американцы наполнили дирижабль «Шенандоа» (рис. 16).

Дирижабль «Шенандоа» некоторое время был единственным в мире гелиевым воздушным судном. Но он просуществовал недолго. В сентябре 1925 года, всего лишь через два года после того как его впервые наполнили гелием, дирижабль «Шенандоа» был уничтожен бурей. И вместе с ним погиб весь накопленный гелий. 55 тысяч кубических метров драгоценного газа бесследно растеклись по воздуху.

Почти весь запас гелия, добытый к этому времени людьми на всем земном шаре, погиб во время бури, продолжавшейся полчаса.

Гибель «Шенандоа» — второго по величине дирижабля в то время — не остановила американцев. Они продолжали строить большие дирижабли, продолжали наполнять их гелием. Завод в Форт-Уорсе был расширен,

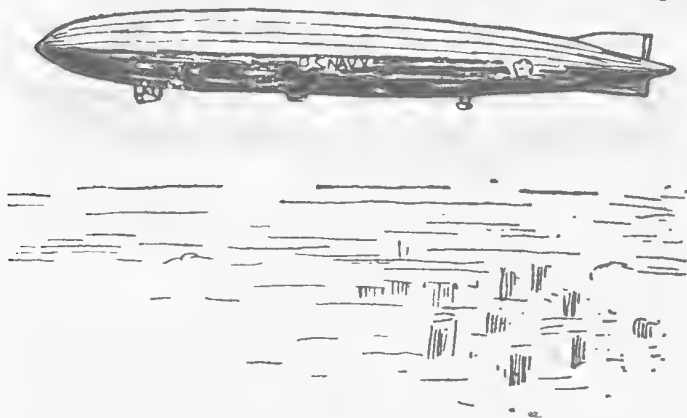


Рис. 16. Дирижабль «Шенандоа»

и вскоре добыча гелия дошла до нескольких десятков тысяч кубометров в месяц. А в 1929 году в штате Техас, в окрестностях городка Амарильо, были найдены новые, бьющие из-под земли природные газы, еще более богатые гелием, чем в Канзасе. И конгресс США постановил устроить в Амарильо второй правительственный гелиевый завод.

Химики, геологи, инженеры съехались в Амарильо, чтобы изловить гелий, растекающийся по воздуху, собрать его, не позволить ему пропадать зря. Они проложили в земле газопровод длиной 18 километров и через эту стальную трубу начали выкачивать насосами газовые струи, бьющие из-под земли. Они построили заводские здания и поставили в них сложные аппараты, которые очищали гелий от примесей, сжимали его до давления в полтора раза атмосфер и загоняли в прочные стальные баллоны специальных вагонов-цистерн.

Через несколько месяцев в огромный воздушный порт Лейкхерст в штате Нью-Джерси стали прибывать транспорты гелия, добытые на Дальнем Западе, в новой «гелиевой столице мира» — Амарильо.

К высокой причальной мачте лейкхерстского эллинга слетались воздушные суда. В теле мачты был проложен трубопровод, по которому снизу подавался гелий. Дирижабли жесткой системы, дирижабли мягкой системы, мелкие и крупные, военные и коммерческие, отяжелев после долгого плавания по воздуху, летели к лейкхерстской мачте, чтобы набрать гелия и стать легкими и подвижными, как раньше. Даже «Акрона» (рис. 17) и

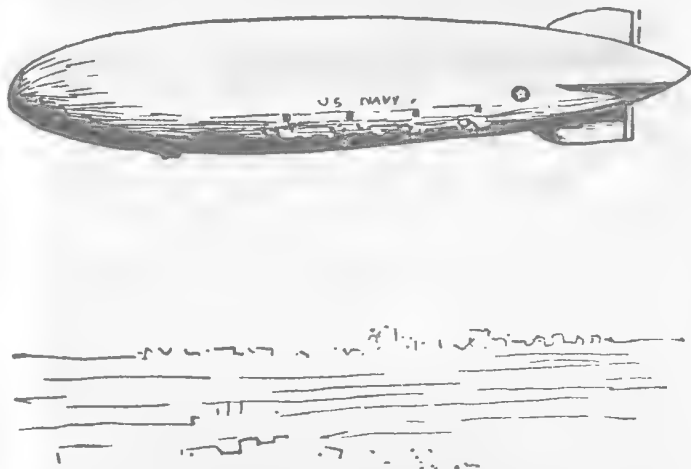


Рис. 17. Дирижабль «Акрона»

«Мэкон», самые большие дирижабли в мире*), вместимостью 185 тысяч кубических метров, не раз вынуждены были восстанавливать свои силы гелием из лейкхерстской мачты. Не наполнять же оболочки гигантских дирижаблей старомодным водородом! Водород ненадежен: он может вспыхнуть от случайного удара молнии. Никакая страховая компания не согласилась бы застраховать такой дирижабль, как «Акрона» или «Мэкон», если бы он был наполнен водородом. Да и пассажиров нельзя было бы уговорить полететь на таком дирижабле. Не очень-то приятно путешествовать, когда над головой висят сотни пудов легко воспламеняющегося газа. Другое дело — гелий. Он безопасен, он не хочет соединяться с

*) Оба дирижабля погибли во время бури. Построенная в 1932 году «Акрона» была уничтожена бурей в апреле 1933 года. Построенный в 1933 году «Мэкон» утонул в море в феврале 1935 года.

кислородом, а потому не взрывается, не горит и даже не тлеет.

Есть из-за чего отправлять геологические экспедиции, строить машины для добычи благородного газа *)!

Судьба солнечного вещества

У гелия была судьба необыкновенная, не похожая на судьбу других веществ.

Другие вещества люди находили у себя на планете — в горных породах, в рудах, в минералах, в почве, в воде, в воздухе. Химики очищали добытые вещества от примесей, взвешивали на весах, запирали в свои реторты и колбы. Всякое новое вещество, попавшее к ним в руки, химики тщательно исследовали, чтобы убедиться, в самом ли деле оно отличается от других, прежде известных веществ.

И только у гелия была судьба пная. Гелий открыли и начали изучать задолго до того, как химикам удалось залучить его к себе в лабораторию, поддержать в руках, подвергнуть опытам.

Гелий был открыт не на Земле, а на Солнце. Вряд ли кто-нибудь из пассажиров большого удобного дирижабля, наполненного безопасным газом гелием, помнил имя человека, который когда-то отправился на корабле в далекую Индию и был счастлив, впервые разглядев гелий в трубу спектроскопа на расстоянии 150 миллионов километров от Земли.

Этому человеку поверили не сразу. На свете есть много людей, для которых существует только то, что можно

*) После того как в 30-е годы погибло несколько крупнейших дирижаблей, строительство аэростатических летательных аппаратов (таково их научное название) надолго прекратилось. Однако нынешний уровень техники возродил интерес к дирижаблям. Очень уж велики преимущества этого вида транспорта — почти неограниченная грузоподъемность и вертикальный взлет. В 1987 году в США начались пассажирские полеты дирижабля нового поколения. И несущим газом по-прежнему служит гелий.

Помимо воздухоплавания у солнечного вещества за прошедшие десятилетия появились новые, более земные, но не менее интересные применения. Гелий, который так трудно было «заморозить», при низких температурах проявил фантастическое свойство сверхтекучести — течение без всякого трения. С помощью жидкого гелия было открыто родственное сверхсвойство — сверхпроводимость, протекание тока без всякого сопротивления.

И все же недаром гелий нашли впервые на Солнце. О главных «всеземных» событиях в биографии солнечного вещества см. послесловие «50 лет спустя» на с. 78. — *Примеч. сост.*

потрогать руками, взвесить на весах, оценить в рублях и в копейках.

— А может быть, никакого гелия вовсе и нет на свете? — говорили скептики. — Может быть, спектроскоп ошибся, и новое вещество — это только выдумка фантазера-астронома?

Прошли годы. Гелий оказался не выдумкой. Великий химик Рамзай нашел его и на Земле — в минерале клевеите и в атмосферном воздухе. Гелий уже стало возможно держать в руках, испытывать и взвешивать.

Кто же открыл гелий и его замечательные свойства? Астрономы Жансен и Локьер, химик Рамзай, физик Крукс или, может быть, Кирхгоф и Бунзен, построившие первый прибор для изучения состава небесных светил? Или, может быть, великий физик Ньютон, впервые разложивший солнечный луч на семь цветов радуги? Или Генри Кавендиш, обнаруживший в азоте таинственный пузырек — еще не разгаданную смесь аргона, неона, криптона и гелия?

Да, все они вместе, помогая друг другу, завоевали солнечное вещество. И не они одни. Разве возможно было бы завоевание гелия без инженеров и физиков, которые изобрели машину для превращения воздуха в жидкость? Без геологов, которые научились добывать солнечное вещество из недр земли? И, наконец, без тех многочисленных механиков и оптиков, которые вооружили физику точнейшими измерительными приборами?

Открытие гелия — это победа четырех наук: физики, астрономии, химии и геологии.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Открытие солнечных выступов

Ученые убедились в существовании солнечных выступов — протуберанцев — только во время испанского затмения 1860 года. Правда, и раньше, до 1860 года, некоторые наблюдатели утверждали, что на поверхности Солнца существуют огненные выступы. Но их показаниям не доверяли.

Первым астрономом, обратившим внимание на солнечные выступы, был англичанин Бэйли. Он наблюдал полное солнечное затмение в 1842 году в итальянском го-

роде Павии. В описании затмения, которое составил Бэйли, говорится:

«Лучистая корона, окружавшая диск Луны, была прорезана тремя огромными огненными выступами пурпурного цвета. Выступы казались неподвижными. Они были похожи на снежные вершины Альп, озаренные кроваво-красными лучами заходящего солнца. Что это за выступы? Огненные горы? Или облака?»

Когда статья Бэйли была опубликована, мнения астрономов разделились. Одни полагали, что огненные выступы — это высокие горы на Луне, освещенные косыми солнечными лучами, другие — что это горы на Солнце, третьи — что это огненные облака в солнечной атмосфере. Но большинство астрономов были твердо уверены в том, что огненные выступы — не что иное, как оптический обман, ошибка утомленного зрения.

В 1851 году в Европе снова происходило солнечное затмение. Астроном Шмидт наблюдал его в городе Ра-стенбург в Восточной Пруссии. Шмидт, как и его предшественник Бэйли, увидел огненные выступы. При этом ему даже удалось разглядеть, что во время затмения очертания выступов не оставались неподвижными, а постепенно менялись. Отсюда Шмидт сделал важные выводы. «Протуберанцы,— писал он,— это не горы, потому что во время затмения их форма меняется. Они принадлежат не Луне, а Солнцу, потому что диск Луны, сползая с солнечного диска, не тянет их за собой, а надвигается на них и заслоняет их. Вернее всего, протуберанцы — это раскаленные газовые облака, плавающие в атмосфере Солнца».

Шмидт был опытным наблюдателем. Не было оснований не верить его утверждениям. И все-таки большинство астрономов и после Шмидта по-прежнему продолжали считать огненные выступы обманом зрения. В подлинное существование выступов ученые поверили наконец только во время затмения, которое происходило 18 июля 1860 года.

В этот день многие астрономы — Темпл, Оом, Румкер, Льюис, Плантамур и другие — увидели своими глазами солнечные выступы и зарисовали их. А двум астрономам — Деларю и Секки — удалось не только зарисовать выступы, но и сфотографировать их. Разумеется, после этого ни у кого уже не оставалось сомнения в том, что солнечные выступы действительно существуют.

Спектр солнечных выступов

Во время затмения 1860 года, когда Деларю и Секки фотографировали солнечные выступы, спектроскоп уже был изобретен.

Но никому тогда и в голову не пришло воспользоваться этим изобретением, чтобы рассмотреть спектр солнечных выступов. И только после того, как затмение кончилось, астрономы спохватились. Но было уже поздно. Случай был упущен. А следующее солнечное затмение ожидалось только через восемь лет, 18 августа 1868 года. Неудивительно, что астрономы всего мира деятельно готовились к этому дню. В Индию, где должно было происходить затмение, отправились три экспедиции: английская (астрономы Гершель и Теннант), американская (астроном Погсон) и французская (астрономы Райе и Жансен). На этот раз астрономы захватили с собой спектроскопы.

Все они увидели в спектре одно и то же: несколько линий водорода и какую-то желтую линию. Астрономы, наблюдавшие затмение, приняты ее за линию натрия. Один только Жансен установил, что это не натрий, а новое, еще неизвестное вещество. Да и он понял это не во время затмения, а только на следующий день, когда имел возможность спокойно, не спеша, измерить положение спектральных линий.

Дело в том, что из всех астрономов один только Жансен сообразил, что торопиться незачем, потому что солнечные выступы можно будет рассмотреть в спектроскопе и на другой день, при полном блеске Солнца. Пускай сами эти выступы и не будут тогда видны, оттого что их затмит блеск небесного свода, как затмевает он в дневное время звезды, но спектроскоп и при полном блеске Солнца уловит и разложит лучи солнечных выступов на цветные линии. Только для этого понадобится спектроскоп с очень большой дисперсией, то есть такой спектроскоп, в котором спектр растягивается на очень большую длину.

Растяжение спектра достигается тем, что на пути световых лучей в спектроскопе поставлена не одна, а много призм. Проходя сквозь ряд призм, веер лучей разворачивается все больше и больше.

В таком спектроскопе спектральные линии солнечных выступов должны быть отчетливо видны, потому что за-

тмевающие их лучи небесного свода окажутся ослабленными во много раз.

Когда лучи небесного свода попадают в спектроскоп с большой дисперсией, их сплошной, многоцветный спектр растягивается на такую большую длину, что становится бледным, еле видимым. На этом ослабленном, как бы размытом фоне ясно выступают тонкие разрозненные спектральные линии солнечных выступов.

Жансен рассмотрел эти линии, измерил их положение в спектре и обнаружил, что желтая линия принадлежит новому, еще неизвестному веществу.

Почему Менделеев не сразу поверил в гелий

Открытие гелия было встречено учеными с тем же недоверием, с каким когда-то астрономы отнеслись к утверждению Бэйли о существовании солнечных выступов. Многие серьезные физики и химики не сразу поверили в гелий, потому что выводы Жансена и Локьера показались им недостаточно обоснованными.

В 1889 году, то есть через двадцать лет после открытия в спектре солнечных выступов желтой линии D_3 знаменитый русский химик Д. И. Менделеев читал в Лондоне лекцию о своих работах. В этой лекции он с сомнением отозвался о гелии.

«Опыт ясно показывает,— сказал Менделеев,— изменчивость напряженности света спектральных линий простых тел при различии температур и давлений; а потому можно думать, что линия гелия принадлежит одному из давно известных простых тел, поставленному в неизвестное для наших опытов состояние температуры, давления и напряжения тяжести».

Однако не прошло и десяти лет, как Менделеев не только поверил в гелий, но и посвятил ему целую главу в новом издании своего учебника «Основы химии».

Но и в ту пору, когда Менделеев еще сомневался в существовании гелия, многие высказанные им соображения были вполне справедливы: действительно, нельзя полагаться всецело на линии спектра. Они могут обмануть, потому что одни и те же вещества дают иногда разные спектральные линии в зависимости от того, находятся ли они на Земле или в составе небесных светил. Это всего лучше доказывает судьба трех мнимых ве-

ществ: небулия, корония и геокорония. История небулия такова. В спектре туманностей нашей звездной системы астрономы заметили две линии — так называемые линии N_1 и N_2 , — происхождение которых они никак не могли объяснить. Поэтому у них возникла мысль, что в туманностях есть какое-то неизвестное вещество, которое и дает эти линии.

Вещество получило имя небулий (от латинского слова *nebula* — «туманность»).

История корония и геокорония похожа на историю небулия. В спектре солнечной короны астрономы отыскали зеленую линию, так называемую линию 5303,3, которая тоже не принадлежала ни одному из известных земных веществ. А в спектре полярного сияния физики нашли другую зеленую линию — так называемую линию 5577.

Астроном Секки сделал вывод, что в солнечной короне (в самом верхнем разреженном слое солнечной атмосферы) существует неизвестный газ короний, а геофизик Вегенер пришел к заключению, что в самом верхнем слое земной атмосферы — там, где происходят полярные сияния, — есть другой неизвестный газ — геокороний.

Казалось, таким образом, что спектральный анализ открыл в туманностях, в солнечной короне и в верхнем слое земной атмосферы три новых вещества: небулий, короний, геокороний.

Оставалось только открыть эти вещества и на Земле. Но увы! Их так и не открыли.

Можно даже сказать: на Земле их не открыли, а «закрыли».

В 1927 году физик Боуэн неопровержимо доказал, что линии N_1 и N_2 принадлежат не какому-то таинственному небулию, а самому обыкновенному кислороду. Дело в том, что в туманностях кислород находится в особенных условиях — не в таких, как на Земле. Каковы же эти условия? Прежде всего в туманностях кислород очень сильно разрежен. (В наших лабораториях его не смог бы разредить до такой степени даже самый могучий воздушный насос.) Кроме того, в туманностях сквозь разреженный кислород проходит интенсивный поток ультрафиолетовых лучей, возбуждающих его свечение.

Эти условия совсем непохожи на те, в которых находится кислород, светящийся в спектроскопических трубках наших лабораторий. Поэтому и спектры получа-

ются разные. Это-то обстоятельство и ввело неосторожных астрономов в заблуждение.

При ближайшем знакомстве загадочный небулий оказался просто-напросто кислородом.

Точь-в-точь та же судьба постигла и короний с геокоронием: физик Гротриан доказал, что линию корония тоже испускает кислород, а физики Макленнан и Шрем обнаружили, что и линию геокорония испускает кислород.

Теперь уже никто из ученых не верит в небулий, короний и геокороний.

Таким образом, возражения Менделеева имели вполне серьезные основания: открытие новой спектральной линии еще не доказывает существования нового вещества. Жансен и Локьер были, пожалуй, немного поспешны в своих выводах. Однако в наше время уже нет сомнений, что желтая линия D_3 действительно принадлежит гелию — веществу, которого не знали химики до Жансена и Локьера. Гелий, найденный на Земле, дает в спектроскопической трубочке ту же линию D_3 , которую обнаружил Жансен в спектре солнечных выступов.

Записная книжка Рамзая

Сохранилась записная книжка Рамзая, по которой можно точно и последовательно восстановить всю историю открытия гелия в клевеите.

Письмо от Майерса, которое побудило Рамзая заняться клевеитом, он получил в пятницу 1 февраля 1895 года. Весь этот день и два последующих он был занят тем, что исправлял и переписывал на машинке большую статью об открытии аргона, написанную им для Королевского общества. Об этом мы узнаем из записной книжки. Следующая запись гласит: «Ничего особенного не сделал до пятницы 15 февраля». В дальнейших записях говорится об очистке аргона для точного измерения его плотности, об устройстве прибора для измерения его теплоемкости и о первых опытах с этим прибором.

Первые порции гелия были добыты из клевеита, по видимому, 9 или 10 марта (точная дата в книжке не обозначена). Вот что пишет об этом Рамзай: «Было куплено около грамма клевеита на 3 шиллинга 6 пенсов (у Грегори, Фитц Рой Сквер, дом № 88). Мэтьюз кипятил его в разбавленной серной кислоте и добыл немного газа». Дальше есть такая запись: «Круксу послана пер-

вая порция в субботу 16 марта, но всю эту неделю он был очень занят и не мог рассмотреть спектр».

Утром 23 марта Рамзай, не дождавшись ответа от Крукса, сам принялся за изучение спектра нового газа.

*White showing, Crookes telegraphed -
Cruikshank is Helium, 58749. Crookes to
Went to see it
Telegraphed to Berthelot, Institut. Paris
Gas obtained from the cleveite mixture
Helium - Crookes identifies spectrum as to
Communication Academic Council Ramzay*

Страничка из записной книжки Рамзая: «Во время опытов получил телеграмму от Крукса: „Криптон — гелий, 58749, приезжайте — увидите“. Поехал и увидел. Послал телеграмму Бертело: «Институт, Париж. Газ, добытый мною из клевеита, — смесь аргона и гелия. Крукс установил тождество спектров. Сделайте сообщение в Академии в понедельник. Рамзай»

Телеграмма пришла в тот же день. Запись в книжке гласит: «Во время опытов получил телеграмму от Крукса: „Криптон — это гелий, 58749*), приезжайте — увидите“. Поехал и увидел».

Сообщение Королевскому обществу Рамзай написал вечером того же дня.

*) Желтая линия D_3 называется также линией 58749.

СОЛНЕЧНОЕ ВЕЩЕСТВО ВО ВСЕЛЕННОЙ

Прочитав о приключениях и трудных загадках, которые поджидали ученых на пути к открытию гелия, человек с практическим складом ума может подумать: «Ну, хорошо, все это, конечно, интересно, но для чего такие муки и старания? Неужели только для дирижаблей?» И даже если этот практичный человек следит за новейшей техникой и знает, что у дирижаблей сейчас, после долгого перерыва, вновь появились горячие сторонники, вряд ли он сочтет такую цель достаточной. Ведь дирижаблей-то в небе не видно, одни самолеты.

Однако гелий, будто специально для таких здравомыслящих, за прошедшие пять десятилетий показал, на что он способен. И на что способна наука, в которой незначительное, на первый взгляд, открытие приводит иногда к огромным по важности результатам. Говорят, что от великого до смешного — один шаг. Оказывается, и от малого до великого — столько же.

То, что о гелии можно говорить, пользуясь словом «малое», ясно видно из повествования М. П. Бронштейна о солнечном веществе. Вспомним блошинный вес, над которым ломал голову Рэлей, или загадочный крохотный пузырек в опытах Кавендиша.

Но к чему великому может быть причастно вещество, которого так мало? Впрочем, где мало? На Земле. А как ни велика родная наша планета, по отношению к Солнцу она составляет лишь ничтожную часть — меньше, чем стотысячную. Не случайно гелий был открыт на Солнце: там его много. Только одного вещества на Солнце больше, чем гелия, — водорода, самого легкого, простейшего элемента. А всех остальных элементов вместе взятых (включая самые обильные на Земле железо и кислород) в десять раз меньше, чем гелия.

Как же гелий попал на Солнце? Для чего он там? Эти вопросы оказались, как ни странно, в родстве с совсем другими: почему светит Солнце? откуда берется огромная энергия, которую Солнце излучает во все стороны? Ответ на эти вопросы физики нашли, когда автора «Солнечного вещества» уже не было в живых.

Оказалось, что в раскаленных солнечных глубинах водородные ядра сливаются, образуя более тяжелые ядра гелия. При этом и выделяется энергия, благодаря которой Солнце светит и греет. И благодаря которой существует жизнь на Земле.

Разгадав секрет звездной энергии, физики захотели и у себя дома, на Земле, создать подобный, но небольшой, источник энергии — маленькое солнце. Проще, увы, оказалось сделать кусок солнца, взрывающийся огромным страшным грибом, — так взрыва-

ются водородные, или термоядерные, бомбы, наводящие ужас на все человечество. А человечеству нужны не взрывающиеся, а управляемые, постоянные источники звездной энергии. Сделать их пока не удалось, но ученые упорно работают над их конструкцией.

В звездах происходит, по выражению физиков, ядерное горение водорода, а гелий — это зола, остающаяся после сгорания. Однако гелиевая зола сильно отличается от обычной. Обычную выгребают из печки и выбрасывают, а гелиевая идет в дело: в звездной печи ядра гелия тоже могут сливаться, образуя постепенно другие, все более и более тяжелые элементы. Реакцию ядерного слияния можно назвать алхимической, потому что в средние века алхимики пытались превратить одни химические элементы в другие. Больше всего им, правда, хотелось научиться делать золото. Сейчас, однако, ясно, что ядерная алхимия способна давать нечто поважнее золота — например, энергию.

Ядерное горение и образование элементов происходит не только в звездах. Оно происходило и миллиарды лет назад, в те далекие, во многом пока таинственные времена, когда и звезд еще не было, когда звезды только начинали зарождаться, когда Вселенная состояла из водорода. И чтобы узнать, какой была Вселенная в те времена, астрономы и физики измеряют, сколько гелия успело образоваться с тех пор.

Если спросить сегодня у астрофизика, из чего сделана Вселенная, тот ответит: в основном из водорода и гелия, и совсем чуть-чуть из остальных элементов. Опять «чуть-чуть»?! Но гелий уже научил нас, что малое нередко соседствует с великим. Так и есть. Ведь если бы малая часть гелия не переплавилась на космическом огне в углерод, кислород и другие элементы, не возникла бы жизнь, не появились бы те, кому так хочется узнать, из чего сделана Вселенная. Не появились бы те, кто сумел, не прикасаясь к Солнцу, найти там новое вещество, кто сумел заглянуть даже в самую глубь Солнца и раскрыть тайну рождения этого вещества. Не появились бы те, без кого Вселенная была бы гораздо более скучным местом.

Первая весть

В январе 1896 года весь земной шар облетело странное известие. Какому-то немецкому ученому удалось открыть неведомые дотоле лучи, обладающие загадочными свойствами.

Первое загадочное свойство лучей — они невидимы. Сколько бы вы ни напрягали зрение, разглядеть их невозможно. Они никак не окрашены — цвета у них нет.

Второе удивительное свойство — они проходят сквозь плотный картон, сквозь алюминий, сквозь толстые доски, сквозь оловянную бумагу. Непрозрачное для них прозрачно. От них не скроешься за деревянной стеной, за дверью. Деревянная дверь пропускает их, как стеклянная.

И третье свойство лучей — есть вещества, на которые они производят необычайное действие. Кристаллы платино-цианистого бария, виллемита, сернистого цинка внезапно вспыхивают ярким светом, чуть только на них упадут невидимые лучи. Под действием невидимых лучей чернеет фотографическая пластинка. И самый воздух чудесно меняется, когда его пронизывают невидимые лучи: он приобретает новое свойство — способность пропускать электрический ток.

Газеты, напечатавшие известие о лучах, только вскользь упомянули имя человека, который совершил необыкновенное открытие: Вильгельм Конрад Рентген.

Впрочем, это имя мало что говорило читающей публике: немногие знали, кто такой этот Рентген. Да не все и поверили газетному известию — лучи, да еще и невидимые, да еще и сквозь стенки проходят — мало ли что пишут в газетах!

Осторожный ученый

Вильгельм Конрад Рентген был профессором физики в баварском городишке Вюрцбурге.

Застенчивый профессор, тихим голосом читающий свои лекции с кафедры старинного университета, был мало известен даже в своем собственном городе. Зато его хорошо знали ученые всего мира.



Вильгельм Конрад Рентген

Во всех двадцати пяти германских университетах не было ученого, который работал бы добросовестнее, тщательнее, осторожнее, чем физик Рентген. Множество явлений изучил он в своей лаборатории, много произвел точнейших измерений. Но далеко не обо всех своих работах, не обо всех своих опытах и открытиях сообщал Рентген в научные журналы. У него было строгое правило: он печатал статью о проделанных опытах только тогда, когда был окончательно убежден в их точности. Если оставалось хоть малейшее сомнение в правильности опыта, осторожный ученый ничего о нем не писал.

Рентген остерегался скороспелых гипотез, поспешных догадок, фантастических предположений. Он доверял

только опыту. «Опыт — высший судья, — говорил Рентген. — Только опыт решает судьбу гипотезы, только опыт дает нам возможность узнать, следует ли сохранить гипотезу или нужно ее отвергнуть. В этом-то и заключается главная сила физики: исследователь природы может быть совершенно уверен в себе, потому что у него всегда есть возможность проверить на опыте все свои предположения, все свои догадки. И если опыт не подтвердит



Рентген, читающий лекцию в физической аудитории Вюрцбургского университета

догадку, значит, она неверна, как бы ни была она заманчива и остроумна».

В 1895 году Вильгельм Конрад Рентген принялся изучать, как течет электрический ток сквозь разреженные газы.

Ученые исследовали это явление и до Рентгена. Немецкие физики Гольдштейн и Гитторф задолго до Рентгена пропускали электрический ток сквозь воздух, разреженный сильным воздушным насосом. Они построили специальные приборы, чтобы изучать этот ток, проделали первые опыты. Но многое еще оставалось неясным. Знаменитый физик Генрих Герц — тот самый Герц, который открыл радиоволны, — утверждал, что электрический ток, текущий сквозь разреженный газ, это тоже волны — колебания, похожие на колебания звука. Другую догадку высказал англичанин Крукс. Он говорил,

что электрический ток в разреженном газе — это вовсе не волны, а потоки мельчайших, невидимых глазу частиц — электронов. С чудовищной скоростью — десятки тысяч километров в секунду! — летят они сквозь разреженный газ.

Мнения ученых разделились. Одни считали, что прав Генрих Герц, другие — что прав Уильям Крукс. И только недоверчивый Рентген не участвовал в этом споре. Он не был ни на стороне Герца, ни на стороне Крукса.

Он упорно воздерживался от каких бы то ни было предположений и догадок: он утверждал, что для них еще не наступило время и что нужно сделать как можно больше опытов, накопить как можно больше достоверных фактов.

В 1895 году, в последних числах октября, Рентген собрал у себя в лаборатории все нужные материалы и приборы и приступил к опытам.

Начало опытов

Рентген взял стеклянный шар с двумя впаянными внутрь металлическими пластинками. К обеим пластинкам было приделано по проволочке. Концы проволочек торчали наружу сквозь стеклянную стенку шара.

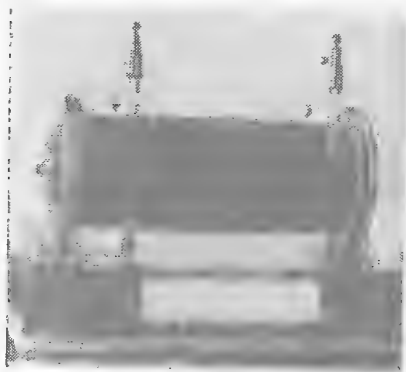
Затем Рентген взял сильный воздушный насос и принялся выкачивать из шара воздух. Воздух уходил прочь, и его оставалось все меньше и меньше. Когда удалось выкачать воздуха столько, что в шаре осталась одна лишь миллионная часть его, Рентген запаял шар.

Прибор для пропускания электрического тока сквозь разреженный газ был готов.

Теперь стоит только соединить концы проволочек, выходящих из шара, с полюсами машины, подающей электрическое напряжение, и ток потечет внутрь шара сквозь разреженный воздух от одной металлической пластинки до другой.

Машина, дающая высокое электрическое напряжение, у Рентгена была. Это была индукционная катушка — прибор, изобретенный в середине XIX столетия парижским механиком Румкорфом. С виду этот прибор похож на катушку с нитками, но только он гораздо больше обыкновенной катушки, и вместо ниток на него намотана проволока: десятки тысяч витков тончайшего электрического провода, покрытого надежной изоляцией.

Катушка Румкорфа внутри не пустая. В нее вставлена другая катушка — несколько сот витков проволоки, и уже не тонкой, а толстой. Две обмотки — наружная и внутренняя — предназначаются для того, чтобы повышать напряжение электрического тока. Если через



Индукционная катушка,
которой пользовался
Рентген во время своих
опытов

внутреннюю обмотку пропустить переменный, прерывистый электрический ток, то и по наружной обмотке потечет прерывистый ток, но напряжение его будет в десятки, в сотни раз больше! Катушка Румкорфа — это преобразователь электрического тока: токи низкого напряжения она преобразует, превращает в токи высокого напряжения. С помощью катушки Румкорфа можно создавать мощные электрические разряды, электрические искры.

Индукционная катушка, которая была у Рентгена, давала электрические искры длиной в 10—15 сантиметров.

Ее-то он и соединил с концами проволочек своего стеклянного шара. Послышался сильный и частый треск — это в катушке Румкорфа задрожал молоточек, размыкающий и замыкающий прерывистый ток во внутренней обмотке. И сейчас же по всем виткам наружной обмотки пробежал другой ток — ток высокого напряжения. Он устремился по проволочкам в стеклянный шар и проложил себе дорогу сквозь разреженный воздух. Он тек от одной металлической пластинки до другой, и вот на стеклянных стенках шара вспыхнуло слабое зеленоватое сияние.

Так начались опыты Рентгена.

Неожиданная находка

А через несколько дней, 8 ноября 1895 года, Рентген обнаружил необычайное явление.

Случилось это так.

Был вечер. Ассистенты, целый день трудившиеся над своими измерениями, усталые разошлись по домам. Ушел и старик-служитель. Рентген остался в лаборатории один. Он собирался работать до поздней ночи. Трещал молоточек индукционной катушки, зеленовато-желтый свет струился от стенок стеклянного баллона. Это



Баллоны с разреженным газом (разрядные трубки), которыми пользовался Рентген

был уже не первый баллон, не тот стеклянный шар, с которым Рентген начал свои опыты. В течение последней недели он изготовил несколько стеклянных баллонов, и все они были разные. Одни имели форму шара, другие — форму груши, третьи были узкими и длинными стеклянными трубками. В одних баллонах был разреженный воздух, в других — разреженный азот, водород, кислород. Но в каждый баллон — и в шар, и в трубку, и в грушу, и в баллон с кислородом, и в баллон с азотом — были одинаково впаяны металлические пластинки, и из всех баллонов торчали наружу тонкие проволочки.

В этот вечер Рентген занимался тем, что по очереди придвигал свои баллоны к индукционной катушке и пропускал сквозь них электрический ток. Он хотел выяснить, как отражается на электрическом токе степень

разреженности газа, форма баллона, форма и расположение металлических пластинок.

Результаты своих наблюдений Рентген аккуратно вносил в лабораторный дневник.

Часы пробили одиннадцать. Рентгена клонило ко сну. Он накрыл последний баллон плотным картонным футляром. Оставалось только разомкнуть ток в индукционной катушке, погасить свет и уйти. Но по рассеянности Рентген позабыл выключить катушку. Он погасил свет и уже направился было к дверям, когда треск молоточка вывел его из задумчивости. Рентген вернулся, и вот тут-то его глазам представилось удивительное зрелище.

На столе — не на том столе, где стоял стеклянный баллон, а на соседнем — мерцало странное сияние. Тусклым зеленовато-желтым огнем горел какой-то маленький предмет. Рентген в темноте направился к столу, чтобы посмотреть, в чем там дело.

Оказалось, что светится кусочек бумаги. Бумага была не простая: она была покрыта с одной стороны толстым слоем платино-цианистого бария. Это вещество имеет обыкновение светиться, если на него упадут солнечные лучи. Но ведь на дворе ночь, в комнате полная тьма. Почему же светится платино-цианистый барий?

В полной тьме Рентген нащупал рубильник и разомкнул ток.

Бумага, которую он держал в руке, сейчас же перестала светиться.

Он снова включил ток. Бумага засверкала снова.

Снова выключил. И бумага опять погасла.

Рентген уже и не думал уходить из лаборатории.

Ночь без сна

Рентген решил исследовать непонятное явление. Что заставляет бумагу светиться? Индукционная ли катушка, по обмотке которой бежит электрический ток, или стеклянный баллон, в котором ток проходит сквозь разреженный газ?

Для проверки Рентген решил убрать баллон и соединить катушку с чем-нибудь другим, ну хотя бы с двумя металлическими шариками, которыми пользуются в лаборатории для изучения электрических искр.

Так он и сделал. Опять затрещал молоточек, и спо-

ва побежал по катушке ток, но теперь уж он не уходил в баллон с разреженным газом, а проскакивал электрической искрой между металлическими шариками.

Рентген посмотрел на бумагу с платино-цианистым барием. Бумага как бумага. Никакого сияния.

Тогда он снова соединил катушку с баллоном, и бумага вспыхнула снова.

Сомнений больше не оставалось. Индукционная катушка тут ни при чем. Она одна не может заставить бумагу светиться. Все дело в баллоне: когда сквозь баллон с разреженным воздухом проходит электрический ток, тогда-то и светится платино-цианистый барий.

Значит, под действием тока стеклянный баллон с разреженным газом приобретает какую-то особую, таинственную силу.

Что же это за невидимая сила, проходящая не только сквозь стеклянные стенки баллона, но и сквозь картонный футляр, прикрывающий этот баллон?

Всю ночь с 8 на 9 ноября 1895 года Рентген провёл без сна у себя в лаборатории.

Лучи икс

Рентген решил назвать неизвестное, вновь открытое им явление «лучами икс». Икс — это латинская буква. В алгебре этой буквой принято обозначать неизвестные величины.

И в самом деле, обнаруженная Рентгеном «сила» была совершенно неизвестной величиной.

Много ли знал о ней сам Рентген?

Всего только три вещи.

Он знал, что для того, чтобы вызвать ее, нужно сквозь баллон с разреженным газом пропустить электрический ток.

Еще он знал, что она заставляет платино-цианистый барий светиться.

И еще он знал, что она свободно проходит сквозь картон: ведь платино-цианистый барий был отделен от баллона картонным футляром, и все-таки лучи икс, испускаемые баллоном, достигли бумаги.

Вот и все, что Рентген знал о лучах икс.

И он решил продолжать свои опыты до тех пор, пока неизвестная сила не превратится в известную.

Новые опыты

Наступили беспокойные для Рентгена дни. Он все еще не был уверен в том, что его наблюдения верны. А что если все это ему только показалось? Что если он поддался оптическому обману, самовнушению? Действительно ли лучи икс существуют?

Долгое время Рентген, по своему обыкновению, никому не рассказывал о неожиданном открытии. Его близкий друг, профессор зоологии Бовери, впоследствии вспоминал, что в ноябре 1895 года Рентген как-то вскользь сказал ему: «Кажется, я сделал интересное открытие, но нужно еще проверить правильность моих наблюдений». А своим ассистентам Рентген не сказал даже и этого.

Он запирался один в своей лаборатории и с самого раннего утра до позднего вечера ставил опыт за опытом. Иногда он и ночи проводил за работой, только изредка урывая часок-другой для сна. После достопамятной ночи с 8 на 9 ноября у него в лаборатории появилась складная походная койка.

Окна в лаборатории он завесил тяжелыми темными шторами, опасаясь, что дневной свет может помешать ему увидеть слабое зелено-желтое свечение платиноцианистого бария.

Рентген изучал действие загадочных лучей.

Он поставил между светящейся бумагой и баллоном толстую книгу, в которой было больше тысячи страниц.

Бумажка продолжала светиться.

Значит, икс-лучи проникают не только через тонкий картон, но и через толстый слой бумаги, через книгу в тысячу страниц.

Рентген заменил книгу колодой карт. Икс-лучи победили и колоду. Тогда Рентген поставил между бумажкой и баллоном две колоды сразу. Лучи взяли и это препятствие: бумажка по-прежнему светилась, хотя и не так сильно, как раньше.

Множество веществ испытал Рентген. Он испробовал словую доску толщиной в полтора дюйма, эбонитовую пластинку, лист оловянной бумаги.

Икс-лучи прошли и через доску, и через эбонит, и через оловянную бумагу.

И только тридцать листов этой оловянной бумаги, сложенных вместе, оказались для икс-лучей труднопре-

одолимой преградой: свечение платино-цианистого бария ослабело, померкло.

Значит, заключил Рентген, икс-лучи поглощаются оловом. Только ничтожная часть их прошла олово насквозь и достигла платино-цианистого бария, а все остальные оказались поглощенными.

Рентген испытал и другие металлы: медь, серебро, золото, свинец. Оказалось, что через тонкие слои металлов икс-лучи проходят свободно, а через толстые слои проникает только их ничтожная часть.

Вывод был ясен: все вещества проницаемы для икс-лучей, но только в различной степени. Бумага, дерево, эбонит прозрачны для них, как для солнечных лучей — стекло. А толстые слои металлов почти непроницаемы.

Убедившись в этом, Рентген решил усложнить свой опыт: взять какой-нибудь предмет, в котором были два вещества сразу: и проницаемое для икс-лучей и непроницаемое для них. Ну, хотя бы дерево и металл.

Для опыта он выбрал деревянную шкатулку, в которой хранился целый набор латунных гирек. Рентген поставил шкатулку на пути икс-лучей.

Справятся ли лучи и с этой преградой?

Справились. Зелено-желтый свет немедленно вспыхнул. Икс-лучи прошли через шкатулку так же, как они только что прошли через картон и еловую доску. Но в зелено-желтой полосе светящегося бария Рентген разглядел какие-то темные пятна. Вглядевшись повнимательнее, он отчетливо разобрал очертания пятен.

Пятна имели форму латунных гирек. Это была тень латунных гирек, спрятанных в деревянной шкатулке.

Последняя проверка

Опыт за опытом проделывал Рентген. И каждый новый опыт открывал ему новые свойства загадочных лучей.

Собственными глазами видел он их удивительное действие, но осторожный исследователь привык не верить своим глазам.

Наконец ему пришлось в голову проделать опыт с фотографической пластинкой. «Человеческий глаз может ошибаться, — думал Рентген, — но если фотографическая пластинка обнаружит невидимые лучи, то, значит, они существуют и на самом деле. Фотографическую пластинку не обманешь».

Задумано — сделано. На пути икс-лучей он поставил фотографическую пластинку. И что же? В эту же секунду пластинка почернела.

Оказалось, что икс-лучи — не игра воображения. Рентген больше не сомневался в их существовании.

И он стал повторять все те опыты с невидимыми лучами, которые он делал раньше. Но только вместо



Деревянная катушка с латунными гирьками, сфотографированная лучами Рентгена. Это один из первых снимков, сделанных самим Рентгеном

бумаги, покрытой платино-цианистым барием, он теперь подставлял икс-лучам деревянную кассету с фотографической пластинкой. Ему уже не нужно было завешивать окна непроницаемыми шторами. Ведь солнечные лучи не могут пройти через деревянную кассету. А для невидимых икс-лучей деревянная кассета — не препятствие.

Рентген снова пропустил икс-лучи через шкатулку с гирьками, но на этот раз он подставил лучам не бумажку с барием, а фотографическую пластинку.

Через несколько минут он проявил пластинку и отфиксировал ее.

На пластинке отпечаталось отчетливое изображение гирек.

После этого Рентген проделал еще один опыт, свой самый замечательный опыт.

Стеклянный баллон с разреженным воздухом он поставил под стол. На стол он положил руку, а на руку — фотографическую пластинку в деревянной кассете. Потом включил ток.

Когда фотографическая пластинка была проявлена, на ней оказалось отчетливое, резкое изображение ко-



Рука, сфотографированная лучами Рентгена. Это тоже один из первых снимков, сделанных Рентгеном. Рука на фотографии — это рука жены Рентгена. На фотографии видно кольцо, надетое на палец

стей руки. Икс-лучи прошли через кожу, через мускулы, но не в силах были пройти через кости. Тень костей запечатлелась на фотографической пластинке.

Так Рентгену удалось сделать то, чего никто еще до него не делал, — сфотографировать свои собственные кости.

Профессор Рентген

28 декабря 1895 года Рентген закончил большую статью, в которой он подробно описал свои опыты с невидимыми лучами. Эту статью он отправил в журнал Вюрцбургского физико-медицинского общества. Статья сейчас же была слана в печать. Но уже за несколько дней до того, как номер вюрцбургского журнала с подробной и обстоятельной статьей Рентгена был

отпечатан и разослан подписчикам, весь мир узнал об открытии невидимых лучей.

Произошло это так. В Вене жил профессор Франц Экснер, большой приятель Рентгена еще с тех времен, когда оба они были дюринскими студентами. Экснеру Рентген написал о своем открытии в тот самый день, когда ему удалось сфотографировать кости собственной руки. В конверт вместе с письмом он вложил и удивительную фотографию.

С удивлением рассматривал Экснер полученный снимок. Он сразу понял, какое великое открытие совершил его друг. В тот же день рассказал он о новых лучах своим коллегам, профессорам Венского университета. А кое-кому даже продемонстрировал удивительный снимок.

Среди людей, которым посчастливилось увидеть первый рентгеновский снимок, был пражский физик Эрнст Лехер, случайно находившийся в Вене. Лехер был поражен. Он попросил Экснера дать ему фотографию хотя бы на полчаса. А надо сказать, что отец Эрнста Лехера был в то время редактором большой и широко распространенной венской газеты «Wiener Presse». К нему-то и поспешил Лехер с драгоценной фотографией.

Когда редактор газеты увидел фотографию и выслушал взволнованный рассказ сына, он сразу же сообразил, какую сенсацию может он преподнести читателям в ближайшем номере своей газеты.

3 января 1896 года подписчики «Wiener Presse» получили номер газеты со статьей старика Лехера. В статье говорилось о великом открытии вюрцбургского профессора. Лехер писал:

«Профессору Рентгену удалось сфотографировать человеческую руку так, что на снимке вышли только кости, а мягкие ткани — кожа и мускулы — не были видны. Какое огромное значение получит это открытие для медицины, если удастся тем же способом фотографировать и другие ткани человеческого тела! Врач сможет подробно рассмотреть любой перелом костей, военный хирург безо всякого труда найдет в теле раненого застрявшую пулю или осколок гранаты, не прибегая к мучительному для больного исследованию зондом».

Другие газеты перепечатали сообщение «Wiener Presse». 5 января оно появилось в берлинской газете. А 6 января заметка о новом открытии промелькнула в лондонском «Standard». Заметка кончалась так:

«Газета заверяет своих читателей, что невидимые лучи — не мистификация, не шутка, а настоящее серьезное открытие настоящего серьезного немецкого профессора».

Вечером того же дня лондонское телеграфное агентство разослало телеграмму газетам всего земного шара.



Рука дамы с букетом. Рентгеновский снимок, снятый в феврале 1896 года физиком Кенигом во Франкфурте. На фотографии видны кольцо, браслет, свинцовая бумага, которой были обернуты стебли цветов, и проволока

Вот текст этой телеграммы, из которой весь мир узнал о таинственных лучах:

«Невзирая на угрозу войны, наука продолжает одерживать свои мирные победы. Об одной такой победе нам сообщают из Вены. Профессор Вюрцбургского университета Роутген открыл лучи, которыми можно фотографировать и которые проходят через дерево, мясо и многие другие вещества. Профессору удалось сфотографировать металлические гири, запертые в деревянной шкапулке. Он заснял и человеческую руку. На его снимке отчетливо видны кости, а мяса не видно».

Говоря в этой телеграмме об опасности войны, телеграфное агентство имело в виду обострение отношений между Англией и Германией (4 января 1896 года кайзер Вильгельм II отправил бурскому президенту Крюгеру депешу, содержащую прямые угрозы по адресу

Англии; резкое выступление немецкого кайзера вызвало в Англии большую тревогу).

А Рентген, о котором говорится в телеграмме,— это, разумеется, Рентген. Телеграф искажил его фамилию.

Непроницаемые шляпы

В середине января 1896 года статья Рентгена «О новом роде лучей» наконец появилась, и номер журнала с этой статьей был раскуплен в течение одного дня. Людей, желавших прочесть статью, оказалось так много, что ее пришлось напечатать отдельной



Первый рентгеновский кабинет в Париже. Физик Сеги фотографирует лучами Рентгена руку, лежащую на деревянной кассете

брошюрой, и в первый же месяц она вышла пятью изданиями. Через короткое время статью Рентгена перевели на английский язык, потом на французский, потом на итальянский и на русский.

Во всех лабораториях мира физики повторяли и проверяли опыты Рентгена. В Америке знаменитый изобретатель Эдисон, прочитав сообщение об икс-лучах, немедленно приступил к опытам и провел в лаборатории несколько дней без отдыха и сна; на третий день,

чтобы подбодрить своих ассистентов, еле державшихся на ногах от усталости, он приказал громко играть на органе, который стоял у него в лаборатории. В Париже физик Сеги устроил особый кабинет, в котором всякий желающий мог за деньги получить фотографический снимок своего собственного скелета. В Лондоне, в Берлине, в Петербурге, в Риме — во всех европейских столицах читались публичные лекции о новых лучах и демонстрировались опыты. Не было ни опытов, ни лекций в одной только Вене: «мудрая» австрийская полиция запретила их. «Ввиду того, что по нашему ведомству не поступало официальных сведений о свойствах новых лучей, — так говорилось в постановлении венского полицмейстера, — строго воспрещается производить какие бы то ни было опыты впредь до выяснения вопроса и особого распоряжения полиции.»

Рентген в одну неделю сделался знаменитостью. Никто уже больше не путал его фамилию; во всех газетах была напечатана его биография; дом его приступом брали корреспонденты. В газетных редакциях, в лабораториях, на улицах только и было разговору, что о невидимых лучах. Одни прославляли великого ученого; другие говорили, что ничему не поверят, пока не увидят невидимые лучи собственными глазами; третьи опасались, что отныне житья не будет на белом свете: ведь теперь всякий прохожий может заглянуть сквозь стены в чужую квартиру; помилуйте, какая же после этого возможна частная жизнь? Уж не додумаются ли ученые в конце концов до того, что станут освещать лучами чужой мозг и читать чужие мысли? Владелец одного шляпного магазина в Лондоне даже поместил в газете объявление о том, что у него продаются специальные шляпы из особо плотного материала, непрозрачного для новых лучей. Всякий, кто наденет такую шляпу, может считать себя в безопасности: никакие лучи, видимые или невидимые, не обнаружат ни единой мысли у него в голове!

А в Америке одна газета сообщила, что какой-то молодой человек в штате Айова направил невидимые лучи на кусок свинца стоимостью в 13 центов — и что же? Через три часа кусок свинца превратился в кусок чистейшего золота, стоимостью в 153 доллара. Другая газета уверяла, будто в Нью-Йорке, в медико-хирургическом колледже, изобрели новый способ обучать студен-

тов анатомии: икс-лучи отражаются от рисунков в анатомическом атласе, а затем попадают прямо в мозг студенту. «Это производит сильное впечатление на учащихся,— писала газета,— и во многих отношениях оказывается выгоднее и удобнее, чем обыкновенные способы обучения, которые практиковались до сих пор: рисунки накрепко отпечатываются в мозгу!»

Не правда ли, жаль, что это сообщение оказалось простой газетной уткой!

Рассказ корреспондента

Но, разумеется, газеты недолго питались утками. Читатели требовали более подробных и достоверных сведений о лучах Рентгена.

В январе 1896 года американский журнал «McClure's Magazine» послал в лабораторию Рентгена специального корреспондента, некоего мистера Дэма. Вот что рассказал мистер Дэм об этом посещении:

«Я приехал к Вюрцбург и направился на улицу Пляйхер-Ринг. Это — красивая улица в центре города. Там расположен физический институт Вюрцбургского университета — скромное двухэтажное здание, в котором живет и работает профессор Рентген. В верхнем этаже — квартира профессора, а в нижнем — лаборатории, мастерские, зал для чтения лекций. Старик-привратник открыл мне дверь и по длинному коридору повел в небольшую комнату. Это и была лаборатория, в которой Рентген совершил свое открытие. В углу большой стол, у окна маленький столик, и на нем груды фотографических снимков; вдоль стен — полки с физическими приборами; у печки катушка Румкорфа, обыкновенная индукционная катушка, дающая искры в пять — шесть дюймов длиной и питаемая током в 20 ампер, — вот и все, что я увидел в этой комнате. По сравнению с пышными лабораториями Лондонского университета или любого большого университета в Америке лаборатория Рентгена выглядит непритязательно и даже убого. А между тем в этой скромной лаборатории было сделано одно из величайших открытий нашего времени.

Внезапно вошел профессор Рентген. Он высокого роста, движения у него быстрые, от всей его фигуры веет энергией и силой. Его черные волосы стоят торчком, как наэлектризованные. У него густой низкий голос, го-

ворит он очень быстро. Я подозреваю, что он не очень-то обрадовался моему приходу: разговоры с посетителями отнимают у него слишком много времени, а он предпочитает возиться со своими трубками, наполненными разреженным газом. Однако встретил он меня приветливо.

— Итак,— сказал он, улыбаясь,— вы пришли ко мне взглянуть на невидимые лучи?

— Да, если только возможно увидеть невидимое.

— Самих лучей вы не увидите, конечно, но зато вы увидите, как они действуют. Пройдите пожалуйста, сюда.

И он указал мне на соседнюю комнату, куда вели провода от катушки Румкорфа. В этой комнате на ма-



Лаборатория, в которой Рентген совершил свое открытие

леньком столике стоял стеклянный баллон с разреженным воздухом — это и был тот прибор, с помощью которого профессор Рентген открыл свои лучи. Баллон был соединен проводами с индукционной катушкой. Но я не смотрел на баллон: мне бросился в глаза таинственный цинковый ящик, огромный, в целую сажень *) высотой.

*) Одна сажень равна 2 м 13 см.— *Примеч. сост.*

Профессор объяснил мне, что это за ящик. Оказалось — это просто-напросто передвижная камера, которую он построил, чтобы изучать в темноте икс-лучи. В стенке ящика — в той, что приходилась прямо против стеклянного баллона — было круглое окно для невидимых лучей: окно не из стекла, а из алюминия, толщиной в миллиметр, диаметром фута в полтора. Профессор рассказал мне, что обычно он включает ток, потом входит в свой цинковый ящик и плотно закрывает за собой дверь. В ящике темно, как в гробу.

— Войдите же в ящик, — сказал мне Рентген, открывая небольшую дверцу в цинковой стенке. — Там на полке вы найдете кусочек бумаги, покрытый платиноцианистым барием, — добавил он и направился к индукционной катушке.

Я закрыл за собой дверь, и в ящике стало темно. Ощупью я нашел стул. Потом я нащупал полку, а на ней полоску бумаги. Раздались частые удары молоточка в прерывателе катушки Румкорфа — это Рентген начал пропускать ток через свой баллон. Я приставил бумажку к алюминиевому окошечку, но ничего не увидел.

— Видите что-нибудь? — закричал мне профессор Рентген.

— Ровно ничего.

— Значит, напряжение тока недостаточное.

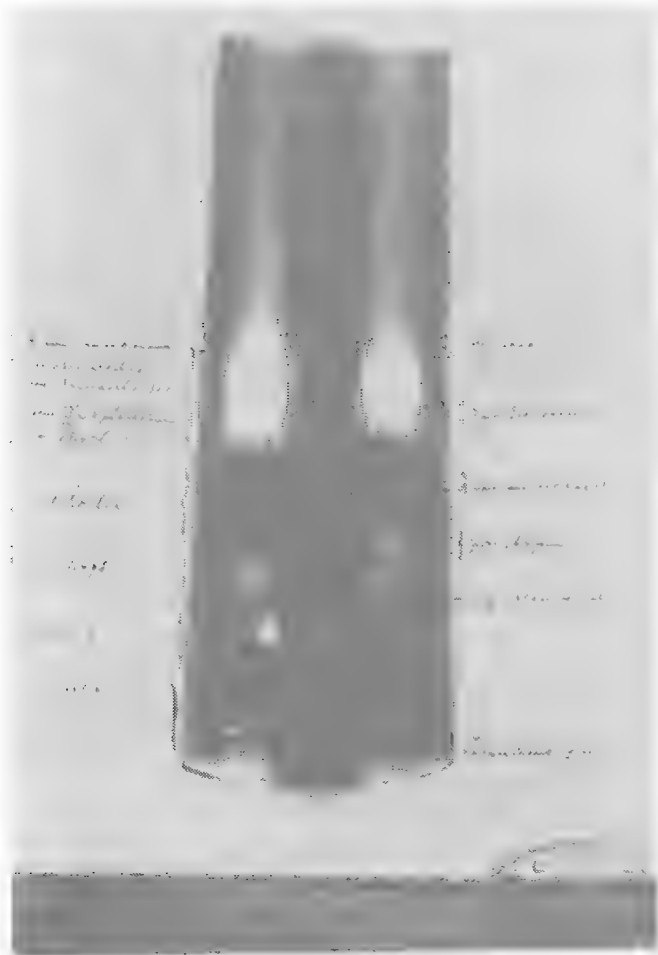
Через несколько минут снова раздался треск прерывателя, и вот тогда-то я впервые увидел действие невидимых лучей. Бумага в моих руках засверкала. По всей ее поверхности, то вспыхивая, то угасая, переливались волны зелено-желтого света. Невидимые лучи струились через алюминиевое окошко, пронизывали мое тело, окружали меня со всех сторон.

— Вставьте книгу между бумагой и алюминием.

Я пошарил и нашел на полке огромный увесистый том. Им-то я и прикрыл бумагу. Но бумага продолжала светиться. Она несколько не потускнела. Невидимые лучи как ни в чем не бывало проходили сквозь толстую книгу, зелено-желтые волны по-прежнему переливались по бумаге.

Я положил книгу на полку и посмотрел на алюминиевое окошко, изо всех сил стараясь разглядеть удивительные лучи. Но в окошке было темно, и я ничего не увидел и не почувствовал, хотя и знал, что лучи входят в ящик и пронизывают меня насквозь.

Невидимые лучи оказались и вправду невидимыми.



Охотничья двухстволка. Эта фотография снята самим Рентгеном; его рукой сделаны и надписи на фотографии. Отчетливо видны дробинки в левом стволе ружья, пуля — в правом, капсюли для воспламенения пороха и т. д.

На их присутствие указывала лишь светящаяся бумажка, которую я держал в руке.

Когда профессор Рентген на прощание протянул мне руку, взгляд его уже был устремлен во внутренние комнаты лаборатории — туда, где он оставил прерванную работу».



Рука, раненная выстрелом из охотничьего ружья. В ладони и в пальцах застряло много мелких дробинок. Снимок сделан в феврале 1896 года физиком М. Пепином в лаборатории Колумбийского университета (Нью-Йорк)



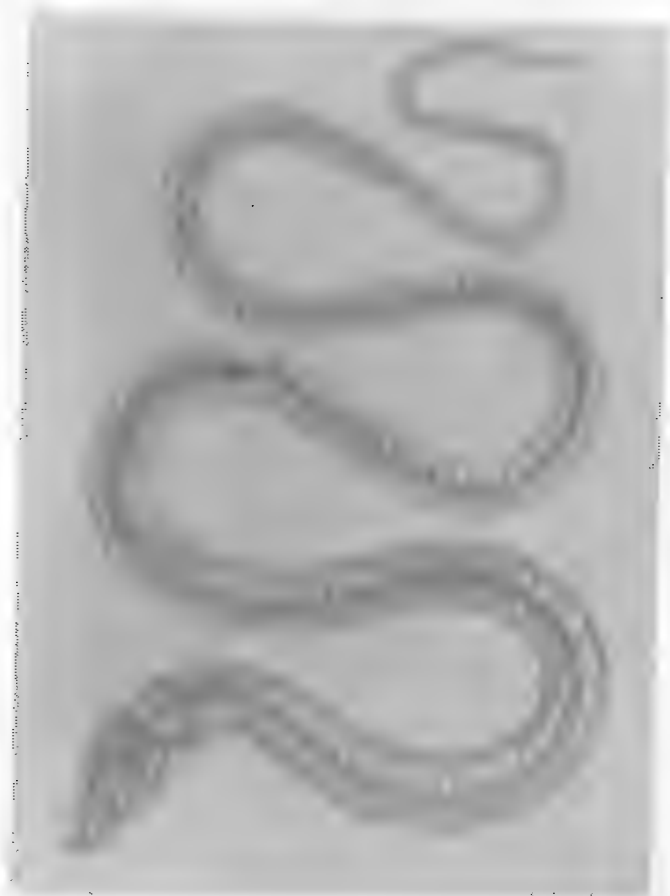
Рентгеновский снимок ноги в башмаке. Сделан физиком Вильямсом в Бостоне (март 1896 года). Фотографирование продолжалось 20 минут. Лучи прошли сквозь кожу, обрисовав очертания костей ноги и гвоздей в каблуке



Две лягушки, сфотографированные лучами Рентгена



Хамелеон — один из первых снимков, сделанных при помощи лучей Рентгена



Скелет змеи (рентгеновский снимок)

Помощник врача, инженера, ученого

Больше сорока лет *) прошло с той поры, как вюрцбургский профессор Вильгельм Конрад Рентген открыл невидимые лучи, заставляющие светиться платино-цианистый барий.

В наше время лучи икс — лучи Рентгена — никому больше не представляются чудом. Люди уже давно привыкли к ним. Рентгеновский снимок, показывающий нам строение наших легких, удивляет нас не более, чем телефон на столе или автомобиль, проезжающий мимо наших окон. Ученые исследовали свойства таинственных лучей, инженеры и врачи научились пользоваться лучами, применять их на практике.

Лучи икс, лучи-загадка перестали быть загадкой. Физики поняли, почему в баллоне с разреженным газом, через который проходит электрический ток, возникают невидимые лучи. Они разгадали их происхождение, их природу.

Лучи Рентгена возникают тогда, когда в стеклянную стенку баллона ударяется поток электронов, с огромной скоростью мчащихся сквозь разреженный газ.

Когда-то Герц и Крукс спорили о том, что такое электрический ток, проходящий в разреженном газе: колебания ли это, волны или материальные частицы, заряженные электричеством? Оказалось, доля истины была в предположении обоих. Современные физики полагают, что электрический ток — это и то и другое сразу: и частицы, летящие с огромной скоростью, и особого рода колебания, волны. То же можно сказать и о лучах икс. В тот самый момент, когда несущиеся сквозь газ электроны натыкаются на стеклянную стенку, в баллоне возникают новые волны-частицы. Они разбегаются по всем направлениям от стеклянной стенки, о которую ударились электроны. Волны-частицы, испускаемые стенкой, — это и есть лучи икс, открытые профессором Рентгеном.

И не только стекло, поставленное на пути электронов, испускает невидимые лучи. Сам Рентген, производя свои опыты, заметил, что если на пути электронов поставить металл, то и металл начнет испускать лучи — и даже еще сильнее, чем стекло. Позже было установлено, что, с каким бы твердым телом не столкнулись

*) Напомним, что книга написана в 1936 году. — *Примеч. сост.*

быстрые электроны, оно делается источником рентгеновских лучей.

В современных рентгеновских трубках лучи икс получаются от удара электронов об антикатод — массивный кусок тугоплавкого металла (железа или вольфра-



Современные рентгеновские трубки

ма). В трубку подают высокое электрическое напряжение. Чем выше напряжение, тем быстрее движутся электроны, тем энергичнее оказываются лучи Рентгена, испускаемые антикатодом, и тем легче проходят эти лучи сквозь тела, непроницаемые для видимого света.

В наше время научились изготовлять мощные трубки, рассчитанные на электрическое напряжение в шестьсот — семьсот тысяч вольт. Электротехнические заводы давно уже наладили массовое производство рентгенов-

ских трубок и рентгеновских аппаратов. Спрос на них растет с каждым годом.

Какое же применение в жизни нашли себе невидимые лучи, которые открыл скромный вюрцбургский профессор, гениальный немецкий физик Вильгельм Конрад Рентген?

Больше всего онигодились медицине. Вооружившись лучами Рентгена, врач фотографирует кости в живом человеческом теле, изучает явления, происходящие



Просвечивание брюшной полости лучами Рентгена. Лучи проходят сквозь тело больного и падают на экран, покрытый платиноцианистым барием

в легких, в желудке, в сердце. Дело в том, что для лучей Рентгена кости не так прозрачны, как мускулы или железы. Потому и проступают темные очертания костей на фотографическом снимке, сделанном рентгеновскими лучами. А легкие отчетливо видны на снимке потому, что они прозрачнее чем железы или мышцы. Но только изображения легких получаются не темные, а светлые.

Ну, а как желудок? Ведь он прозрачен для лучей Рентгена не больше и не меньше, чем все другие органы, находящиеся в брюшной полости человека. Как же возможно фотографировать желудок?

Немецкий ученый Ридер нашел выход из этого затруднения. Пациенту предлагают съесть тарелку каши. Но каша это не простая, а особенная: в ней содержится сернокислый барий. Сернокислый барий менее прозрачен



Проглоченная игла в желудке (из коллекции рентгеновских снимков Ленинградского рентгенологического института)

для рентгеновских лучей, чем внутренние органы и мускульные ткани человеческого тела. К тому же он совершенно безвреден: каша с сернокислым барием не очень-то вкусна, но ее можно безо всякой опасности для здоровья съесть сколько угодно. Как только желудок пациента наполнится сернокислым барием — врач немедленно делает рентгеновский снимок. И тогда темные очертания желудка отчетливо возникают на фоне окружающих тканей.

Сбылось все то, о чем сорок лет назад старый редактор Лехер писал в своей газете. Современные врачи уже

и представить себе не могут, как это прежняя медицина обходилась без рентгеновских лучей. Заболел ли кто туберкулезом легких, расширением сердца или язвой желудка, ранен ли кто пулей, — врачи просвечивают больного лучами Рентгена, фотографируют пораженные органы тела. Взглянув на фотографический снимок, врач яс-



Проглоченный игрушечный кораблик (из коллекции рентгеновских снимков Ленинградского рентгенологического института)

но видит, что творится в теле больного, распознает скрытую болезнь.

Но мало того, что лучи Рентгена часто помогают определить болезнь: некоторые тяжелые болезни они и вылечивают.

Так, рентгеновская трубка оказалась в одно и то же время фонарем, освещающим внутренности живого тела, и сосудом, содержащим драгоценное лекарство. Правда, пользоваться этим лекарством следует с большим искусством: разрушая пораженные болезнью ткани, рентгеновские лучи могут нанести ущерб здоровым.

Ну, а неживое вещество? Способны ли лучи Рентгена проникать в неживые вещества и обнаруживать в них то, что скрыто от человеческих глаз?

Вот в литейном цехе отлили какую-нибудь деталь. На вид она хороша — казалось бы, лучше и не надо. А какова она внутри? Не попал ли в литье пузырек воздуха, нет ли в глубине металла трещинки, которая при малейшей перегрузке машины выведет деталь из строя?

На помощь инженеру приходят рентгеновские лучи.

При первых опытах Рентгена невидимые лучи проникали только сквозь тонкие слои металла, а в толстых

застревали, поглощались. Современные рентгеновские трубки с напряжением в сотни тысяч вольт испускают лучи гораздо более мощные, гораздо глубже «проникающие». Такие лучи легко проходят через слой стали тол-



Лучи Рентгена разрушают клетки и ткани живого тела. Врачи пользуются этим свойством лучей Рентгена, заставляя их разрушать клетки опухолей. Но здоровые ткани организма нужно защищать от лучей. Поэтому врач, которому приходится много часов подряд работать в опасном соседстве рентгеновской трубки, должен надевать особый защитный костюм. Он состоит из резины, пропитанной солями свинца, непрозрачными для лучей Рентгена. Глаза защищены очками из свинцового стекла. На снимке — врач-рентгенолог в защитном костюме

щиной в десять-пятнадцать сантиметров. От них не скроется ни одна трещинка, ни один пузырек.

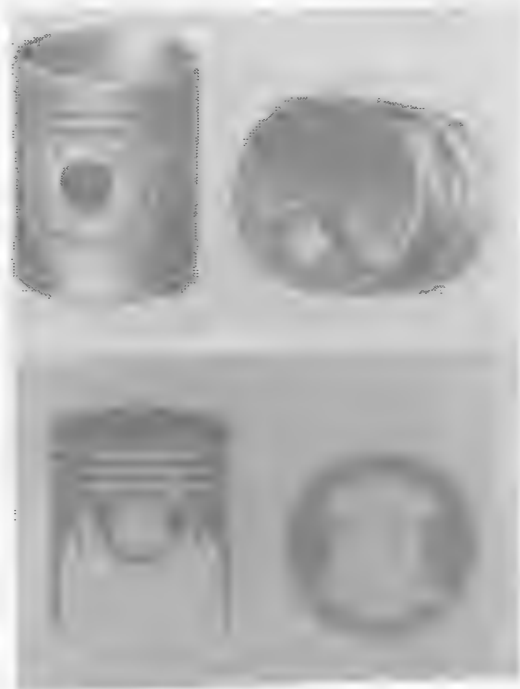
Рентгеновский снимок сразу выводит на чистую воду малейший изъян внутри металла.

Зоркие лучи Рентгена несут ответственную службу на заводах. Но еще более тонкую и сложную работу проделывают они в физических лабораториях. Они помогают физикам изучать строение вещества.

В 1912 году немецкие физики Лауэ, Фридрих и Книппинг сделали такой опыт. Они пропустили пучок рентгеновских лучей через кристаллик сернистого цинка.



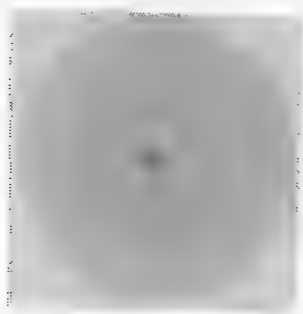
Плохая сварка: рентгеновские лучи обнаружили пузырьки воздуха на том месте, где должен быть сплошной металл



Поршень авиационного двигателя, отлитый из легкого сплава.
Вверху — обыкновенные снимки, внизу — рентгеновские

Пройдя сквозь кристаллик, лучи упали на фотографическую пластинку. Когда ученые проявили и отфиксировали пластинку, оказалось, что на ней отпечатался какой-то замысловатый узор, составленный из маленьких темных пятнышек.

Что за узор, откуда он? Лауэ сумел ответить на этот вопрос. Кристалл сернистого цинка состоит из атомов:



Фотография, снятая Лауэ, Фридрихом и Кнппингом. Лучи Рентгена прошли сквозь кристалл сернистого цинка



Фотография, снятая по способу Лауэ (кристаллы поваренной соли)

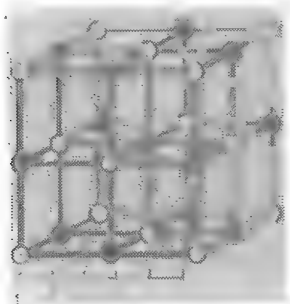


Фотография, снятая Лауэ. Лучи Рентгена прошли сквозь кристалл сернокислого никеля (а) и бериллия (б)

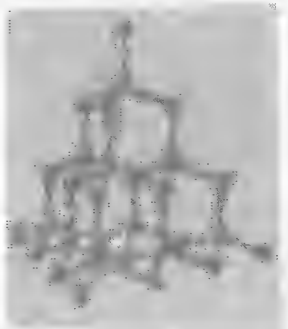
двух веществ: серы и цинка. Эти атомы расположены в пространстве стройными правильными рядами. Внутри кристалла, параллельно каждой его грани, идут, пересе-

каясь между собой, бесчисленные плоскости. Каждая из этих плоскостей — это геометрически правильная сетка, составленная из атомов.

Лучи Рентгена, проникая сквозь сетку, огибают атомы и рисуют узор на фотографической пластинке. Узор из темных пятнышек. Это не фотография кристалла. Но



Расположение атомов в кристалле поваренной соли. Белые шарики — атомы натрия, черные — атомы хлора. Внизу рисунка приложен масштаб. Каждое деление масштаба — это одна десятиллионная доля миллиметра



Расположение атомов в алмазе

изучая этот узор, Лауэ с помощью математического расчета установил, как, в каком порядке расположены в кристалле атомы.

Лауэ и его сотрудники стали пропускать лучи Рентгена и через другие кристаллы — поваренную соль, берилл, сернокислый никель. И каждый раз на фотографической пластинке отпечатывался узор из темных точек. Поваренная соль давала один узор, берилл — другой, сернокислый никель — третий.

Значит, во всех этих веществах атомы расположены сетками в своем, строго определенном порядке. Порядок этот у разных веществ разный: у сернистого цинка — один, у поваренной соли — другой, у берилла, у алмаза, у никеля, у графита — третий, четвертый, пятый. Атомы натрия и хлора в поваренной соли расположены кубами, атомы углерода в алмазе — четырехгранными пирамидами.

Сами атомы — это чрезвычайно мелкие частицы вещества. Размеры атома — десятиллионная доля милли-

метра. Их невозможно разглядеть даже в сверхсильный микроскоп. Но с помощью лучей, открытых Рентгеном, физики узнали с абсолютной достоверностью, как расположены атомы в кристаллах. В каком порядке и даже — какое между ними расстояние. В 1913 году, через год после открытия Лауэ, русский физик Ю. Вульф и англичане, отец и сын Брэгги, один в России, а двое других в Англии, нашли — совершенно независимо друг от друга — способ с полной математической точностью определять в кристаллах расстояние между атомами. Оказалось, определять его можно, направляя на кристалл под разными углами рентгеновские лучи и каждый раз измеряя при этом угол наклона.

Если бы сорок лет назад вы спросили любого ученого-физика, возможно ли разглядеть, как расположены атомы в каком-нибудь теле, он ответил бы вам: «Невозможно и никогда не будет возможно».

Открытие Рентгена еще раз доказало людям, что слово «невозможно» не имеет право существовать.

НЕБО В ИКС-ЛУЧАХ

По-разному делаются научные открытия. Путь к солнечному веществу — гелию — занял несколько десятилетий. А вот лучи Рентгена были открыты в считанные дни и сразу на себе замечательные применения. И видимые лучи дали возможность видеть насквозь — разглядеть внутреннее устройство непонятных живых тел, а в прозрачных кристаллах обнаружить «непрозрачные» атомы. Но это еще не всё.

И лучам суждено было разгадывать интереснейшие иксы не только в поле зрения микроскопа, но и телескопа. Если гелий «спустился» с небес на Землю, то рентгеновские лучи, напротив, совершили путь в обратном направлении — с Земли на небо.

Правда, увидеть небо в рентгеновском свете удалось впервые лишь через полвека после того, как в Вюрцбургской лаборатории появилось загадочное зеленовато-желтое сияние. Обыкновенный дневной свет свободно проходит через многокилометровую толщу земной атмосферы. А для рентгеновских лучей она непрозрачна. К счастью, непрозрачна, — иначе туго пришлось бы живым существам, обитающим на Земле.

Однако те живые существа, которых природа наделила неуемным желанием узнать о ней как можно больше, подняли свои приборы на ракетах за пределы атмосферы, и глазам этих приборов предстала новая, неведомая картина рентгеновского неба — совсем другими звездами и созвездиями. Картина эта, конечно, рисовывалась постепенно, в результате кропотливой работы ученых и инженеров по созданию и совершенствованию специальных рентгеновских телескопов. Ведь обычные стеклянные линзы непригодны для получения рентгеновских изображений, и сделать эти изображения с помощью обычной фотографии тоже нельзя. Поэтому физикам пришлось изобрести специальные приборы — детекторы, которые позволили составить подробную рентгеновскую карту неба. Самые яркие источники на этой карте выглядят так. Берут и записывают (обычно, видимо) с помощью, из которого светит источник, рядом минут помер по степени (рентгеновской) яркости и все ту же букву икс, например — Лебедь-4. Буква икс напоминает о загадке, вставшей когда-то перед человечеством, но может восприниматься и как сияющая тайна, нераскрытых еще в мире звезд.

Главная загадка связана с конечными судьбами звезд, и без рентгеновских лучей разгадать ее вряд ли удастся.

Что ожидает звезду, когда израсходуется весь запас ее энергии? Астрофизики-теоретики, вооруженные формулами, мо-

гуг сказать об этом довольно многое. Впрочем, и без формул понятно, что вещество холодеющей звезды благодаря всемирному тяготению должно сжиматься. Но до какого предела? Теоретики уверяют, что если масса звезды не многим больше массы Солнца, то возникает небесное тело, плотность вещества в котором фантастически велика,—сдвинуть наперсток с таким веществом под силу лишь миллиону мощных тягачей! Как ни удивительно астрофизики наблюдатели, или попросту астрономы эту фантастику подтверждают.

А что если масса остывающей звезды во много раз превышает массу Солнца? Тогда, как гласит теория, звезда сжимается неограниченно. Образуется так называемая черная дыра, которая своим чудовищно сильным притяжением не выпускает даже свет со своей поверхности. Однако такой объект по-настоящему черен лишь в совершенно пустом пространстве. Если же рядом с черной дырой окажется какое-нибудь вещество например обычная звезда, то это вещество с такой силой устремится к черной дыре, что подобно трубе Рентгена с бы триллионы электронов — возникнет рентгеновое излучение. Так что искать черные дыры надо с помощью рентгеновских телескопов. Что астрономы и делают. В результате таких поисков они заподозрили в «чернотирности» упоминавшийся источник X-1 в созвездии Лебедя. Однако превратили это предположение в достоверный факт до сих пор никак не удалось. Впрочем нет верности, что источник икс-лучей — это действительно та самая предсказанная теоретиками черная дыра.

Так что икс-лучи, загадку которых физики давно раскрыли, пришли с новым загадком, ждущим своего решения.

ИЗОБРЕТАТЕЛИ РАДИОТЕЛЕГРАФА

Кто и когда?

Кто и когда изобрел радио?

Одни на этот вопрос отвечают: изобрел его Александр Степанович Попов, и было это сорок лет назад *). Другие говорят: радио изобрел итальянец Гульельмо Маркони.

И в самом деле: сорок лет назад и Попов, и Маркони одновременно построили первые в мире радиостанции и начали посылать первые в мире радиотелеграммы.

Но история радио началась значительно раньше, чем была послана первая радиотелеграмма. Ученые, которые с помощью открытий и опытами начали историю радио, не посылали и не принимали никаких радиотелеграмм. Они и не стремились к тому, чтобы передавать на расстоянии какие-либо сигналы или музыку, или звуки человеческой речи. Как удивились бы эти первые изобретатели радиотелеграфа, если бы им сказал кто-нибудь, что они изобретают радиотелеграф!

Передача звуков, сигналов, изображений их нисколько не занимала. Их интересовало другое.

Видели ли вы когда-нибудь электрические искры, которые вылетают из наэлектризованных предметов? Блестящие электрические искорки, вспыхивающие на одно мгновение и сейчас же угасающие снова? Вот с этих-то искорок и началась история радио.

Много десятилетий физики наблюдали электрическую искру, делали с ней опыты, изучали ее свойства. Наконец они захотели узнать: какой срок проходит от рождения искры до ее смерти? Сколько времени живет электрическая искра?

Вопрос был трудный. Обыкновенно на него отвечали так: она вспыхивает и сейчас же угасает, она живет всего только одно мгновение. Но что такое мгновение? Сотая доля секунды или тысячная доля, или миллионная? Как узнать это, как измерить?

*) Напомним, что эти слова написаны в 1936 году.— *Примеч. сост.*

Течение времени ощущает всякий человек. Все мы отличаем минуту от двух минут, секунду от двух секунд и даже десятую часть секунды от целой секунды. Но все,



что меньше одной десятой, одной пятнадцатой доли секунды,— все это для нас уже неразлично, все это — и сотая, и тысячная, и миллионная доля секунды — кажется нам совершенно одинаковым. Органы чувств у нас не такие уж быстрые, точные, изоценные. Во всяком промежутке времени, который меньше одной пятнадцатой части секунды, мы не улавливаем никакой длительности. Поэтому-то в нашем ощущении сотая доля секунды сливается с тысячной, тысячная с миллионной. Миг — и все тут.

Ну, а часы? Ведь они для того и сделаны, чтобы измерять время. Не могут ли часы измерить длительность одного мгновения?

Зайдем на фабрику, изготовляющую точные приборы. Мы увидим там и стенные часы, и башенные, и карманные. Мы найдем там и хронометры, которые берут с собой моряки, отправляясь в далекое плавание, и сверхточные часы для астрономических наблюдений, и электрические хронографы, и секундомеры. Но часов, измеряющих миллионные доли секунды, на фабрике мы не найдем.

И все же такие часы существуют. Семьдесят пять лет тому назад их изобрел и построил немецкий физик Вильгельм Феддерсен. Он изобрел их специально для того, чтобы измерить, сколько времени живет электрическая искра.

Он и не подозревал, что, создавая эти часы, он начинает историю радио.

Часы Феддерсена

Часы, построенные Феддерсеном, дожили и до нашего времени. Они хранятся в музее в немецком городе Мюльхене.

На обыкновенные наши часы они ничуть не похожи. Ни часовой, ни минутной, ни даже секундной стрелки у них нет. О каких стрелках может идти речь, когда нужно мерить миллионные доли секунды? Где найти стрелку, которая успевала бы сделать в секунду миллион заметных глазу шажков? А шажки эти должны быть заметны — ведь к этому и сводилась задача Феддерсена.

И вот Феддерсен после долгих раздумий сообразил, какая стрелка нужна его часам. Он смастерил ее не из бронзы, не из стали, а из материала, которого до него не употреблял ни один часовщик.

Он построил ее из лучей света.

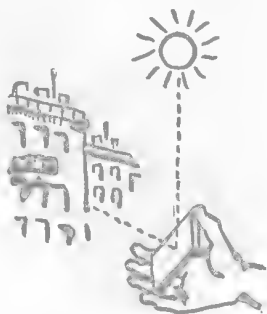
Возьмем маленькое карманное зеркальце и вынесем его на улицу, на солнечный свет. Лучи солнца отразятся от зеркальца, отскочат от него блестящим ярким зайчиком.

Начнем поворачивать зеркальце. Как быстро забегает зайчик, как затаицует он и запрыгает, отражаясь от зеркальца, которое дрожит у меня в руке! Только что он был совсем близко, но вот зеркальце чуть-чуть повернулось, и зайчик уже перебежал на другую сторону улицы и прыгает по стенам, по карнизам, по балконам домов.

Быстро движется зайчик — в сто, в тысячу раз быстрее секундной стрелки часов. А пельзя ли как-нибудь оставить его кружиться не в сто, а в миллион раз быстрее?

Можно. Стоит только сильнее завертеть зеркальце. Лучше вертеть не руками, а машиной, — ведь машина проворнее человеческих рук и к тому же точнее: какую скорость задажешь ей, с такой она и будет работать.

В машине, устроенной Феддерсеном, тяжелая многоудовая гиря, опускаясь, тянула за собой канат. Канат поворачивал вал, на который было посажено зубчатое колесо. Это колесо, вращаясь, цеплялось зубцами за другое зубчатое колесо, другое — за третье, а третье — за нарезку большого стального винта. Постепенно переходя от колеса к колесу, движение все усиливалось, все убыстрялось: первое колесо поворачивалось не очень быстро —



детато всего только несколько оборотов в секунду, второе вращалось быстрее, третье еще быстрее. А быстроходнее всех был стальной винт: каждую секунду он успевал совершить целых сто оборотов вокруг своей оси.

Для того чтобы весь этот прибор, набирая скорость, не дрожал и не трясся, Феддерсен решил укрепить его на прочной подставке. В капитальную стену комнаты он вделал две чугунные балки, а к ним привинтил массивную чугунную коробку, открытую спереди и с боков.

Вращающийся винт своего прибора он пропустил сквозь дно и крышку коробки.

Оставалось теперь приделать к винту зеркало, от которого отскакивали бы зайчики. Феддерсен купил два вогнутых стекла для очков — обыкновен-

ных очков, какие носят близорукие люди. Эти стекла Феддерсен посеребрил — каждое с одной только стороны. Получил он два блестящих вогнутых зеркальца. Феддерсен укрепит их на стальной винте так, чтобы одно смотрело в одну сторону, другое — в другую. Когда гиря падала и винт приходил в движение, оба зеркала, прикрепленные к винту, равномерно и быстро вращались вместе с ним.

Механизм новоизобретенных часов был готов. Но это еще не все. Ведь для часов нужен не только часовый механизм, заставляющий вращаться стрелку, нужен еще и циферблат. Чтобы измерять пройденный стрелкой путь.

Если стрелка сделана из света, из чего же должен быть сделан циферблат?

Долго думал Феддерсен, долго искал он подходящий для этого дела материал. Наконец нашел: фотопла-

стинка, чувствительная к свету фотопластика, будет циферблатом необыкновенных часов. На этом циферблате электрическая искра сама, своими собственными лучами, отметит начало и конец своей короткой жизни. Лучи искры упадут на вращающееся зеркало, стремительный зайчик скользнет по фотографической пластинке и оставит на ней свой след. Чем дольше будет гореть искра, тем длиннее окажется след зайчика.

А по длине следа, зная скорость зайчика, уже нетрудно будет сосчитать, сколько времени бежал он по пластинке,— сколько времени горела электрическая искра.

Прибор Феддерсена был закончен. Стальной винт был установлен в чугунной раме, вращающееся зеркало работало исправно, фотографическая пластинка лежала наготове. Наготове была и лейденская банка — источник электрических искр. Банка эта состоит из трех стаканчиков, вставленных друг в друга: наружный — металлический, средний — стеклянный, а внутренний — опять металлический.

Феддерсен зарядил банку: наружный металлический стаканчик положительным электричеством, а внутренний — отрицательным. Затем проводами он соединил банку с двумя металлическими шариками, поставившими друг против друга. Эти шарики называются разрядником. Внутренний стаканчик банки Феддерсен соединил с одним шариком разрядника, наружный — с другим. Теперь оставалось только нажать на кнопку, замыкающую и размыкающую электрическую цепь, чтобы заряд электричества устремился из банки по проводам. Положительный заряд побежит навстречу отрицательному, и между шариками разрядника вспыхнет блестящая тонкая искра *).

История искорки

Феддерсен приступил к опытам со своими необыкновенными часами (рис. 1). Он отпустил гирю, приводившую в движение зубчатые колеса и винт. Сейчас же винт и зеркальце начали поворачиваться так быстро, что у Феддерсена замесляло в глазах. С тонким свистом вращалось насаженное на винт маховое колесо. Прислушиваясь к этому свисту, Феддерсен убедился в том, что прибор его действует исправно: звук был все время одной и той же высоты,— значит, ось вращается равномерно, не замедляя и не убыстряя своего движения.

Тогда Феддерсен погасил свет и приоткрыл кассету, в которой была приготовлена фотографическая пластинка, а затем нажал кнопку, замыкавшую электрическую

*) Во времена Феддерсена считалось, что ток состоит из двух равных и противоположных потоков «стеклянного» и «смоляного» (положительного и отрицательного) электричеств. Только спустя сорок лет был открыт электрон.— *Примеч. сост.*

чень. И сейчас же в темноте между шариками разрядилась праскочила искра: это электрический заряд усгренн. ся из одного металлического стакачника лейденской бат ки в другой. Во мгновенье ока пробежал он по проводам и яркой электрической искрой пробил себе дорогу от од ного шарика к другому.

Искра горела всего только мнг, но в течение этого не уловимого мнга быстрый отблеск от зеркальца успел

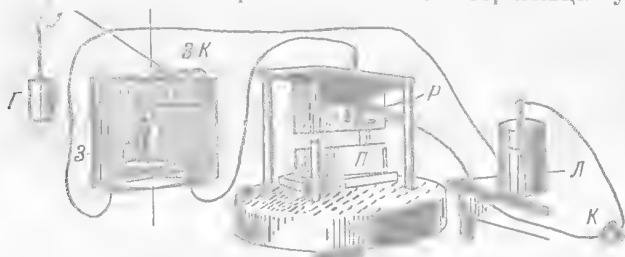


Рис. 1. Часы Феддерсена: Л — лейденская банка; Г — гиря; ЗК — зубчатые колеса; З — зеркала; П — фотографическая пластинка; Р — разрядник; К — кноика. Под зеркалами укреплено на осп винта маховое колесо, а под ним — два длинных и тонких латунных крылышка. Когда винт вращается, крылышки задевают за проволоочки, расположенные слева и справа от винта. В это мгновенье замыкается цепь, соединяющая внутреннюю сторону лейденской банки с наружной, вспыхивает искра, и лучи света, отражаясь от зеркала, падают на фотографическую пластинку. (Этот чертеж взят из немецкого журнала, в котором была напечатана статья Феддерсена)

упасть на фотографическую пластинку. Он пробежал по пластинке со скоростью артиллерийского снаряда и вычертил на ней свой путь.

Тут же на месте, не отходя от прибора, Феддерсен проявил пластинку и отпечатал фотографический снимок. На снимке была явственно видна узкая полоска — след, оставленный зайчиком.

Феддерсен измерил длину полоски — полтора сантиметра. Скорость зайчика была ему известна — 60000 сантиметров в секунду. Сколько же времени бежал зайчик по пластинке? Длину полоски — 1,5 нужно разделить на скорость движения зайчика — 60000. Получается

$$\frac{1,5}{60.000} = 0,000025$$

Итак, значит, двадцать пять миллионных долей секунды — вот сколько времени бежал зайчик по пластинке и столько же времени жила электрическая искра.

Часы Феддерсена с честью выполнили возложенное на них дело. Продолжительность искры была измерена. Задача, которую поставил себе Феддерсен, была решена. Но, взглядевшись в свой снимок повнимательнее, Феддерсен убедился, что часы его совершили еще одно открытие. Они не только измерили длину жизни искры,



Рис. 2. Прерывистый след искры

но еще и узнали, чем наполнена эта короткая жизнь, составили подробную биографию искры.

След, вытерченный зайчиком на снимке, оказался не сплошным, а прерывистым. Он состоял из нескольких светлых пятен, отделенных друг от друга темными промежутками (рис. 2).

Значит, электрическая искра, проскочившая между шариками разрядника, вовсе не горела равномерным отблеском. В течение всей своей жизни, продолжавшейся всего только 25 миллионных долей секунды, она вспыхивала и угасала несколько раз. Короткие вспышки шли одна за другой так быстро, что человеческий глаз не мог уследить за ними, — несколько вспышек казались глазу одной. И только чудесные часы Феддерсена сумели расчленить мгновение, разложить искру не несколько отдельных вспышек.

Феддерсен сосчитал число вспышек на своем снимке. Их оказалось восемь, и каждая последующая была чуть-чуть слабее предыдущей. Восемь вспышек за двадцать пять миллионных долей секунды! Значит искра состояла из отдельных искр, загоравшихся и угасавших через каждые три миллионные доли секунды!

Так по записи, сделанной зайчиком, Феддерсен прочитал историю электрической искры, — историю, которая от начала до конца продолжалась всего только одно мгновение.

Не один раз повторил Феддерсен свой опыт. Он брал то одну лейденскую банку (рис. 3), то целую батарею из десяти, пятнадцати и даже двадцати лейденских банок. То сдвигал шарики почти вплотную, то раздвигал их на целый сантиметр или на полтора. Менял он и самые шарики, — брал то железные, то медные, то свинцовые, то золотые. В одних опытах оба шарика были из одного и того же металла, в других — из разных. Провода, которые шли от лейденских банок к шарикам разрядника, Феддерсен брал то короткие и толстые, то длинные и тонкие. И каждый раз он фотографировал отблеск искры во вращающемся зеркальце.



Рис. 3. Лейденская банка

По фотографическим снимкам он измерял, сколько времени длится искра, узнавал, как она вспыхивает, горит и гаснет.

Искры получились разной яркости, разной длины, разной продолжительности, но каждая состояла не из одной только вспышки, а из многих. Вспышки следовали одна за другой через несколько миллионных долей секунды и становились все слабее и слабее, пока искра не угасала.

Почему же электрический заряд прокладывает себе путь между шариками разрядника не одним скачком, а несколькими судорожными скачками?

Размышляя об этом, Феддерсен вспомнил одну статью о разряде лейденской банки, которую он когда-то читал. Статья эта была написана в 1853 году английским ученым Уильямом Томсоном. Томсон не делал никаких опытов с лейденской банкой, да он и вообще не занимался опытами. Зато он был очень искусным математиком. Он знал физические законы, которые управляют электрическим током, и умел выводить математические следствия из этих законов. И вот Томсон попробовал с помощью вычислений установить — что же собственно происходит с электрическим зарядом, когда разряжают лейденскую банку.

Вычисления Томсона показали: электрический заряд, добежав по проводам от стаканчика лейденской банки до разрядника, совершает прыжок с шарика на шарик и устремляется по проводу снова в банку, но уже в другой

саканчик. Таким образом оба заряда, положительный и отрицательный, меняются местами*).

Отрицательный заряд, который был сперва, скажем, в внутреннем стаканчике банки, с разбега перелетит в наружный, а положительный — из наружного во внутренний. Таким образом, банка не разрядится, а только зарядится по-новому, и электрический ток снова помчится в разряднику, но уже в обратном направлении. То взад, вперед станет бегать электрический заряд, перескакивая с одного шарика на другой, — снова со второго на первый и снова с первого на второй.

«Так вот оно в чем дело!» — подумал Феддерсен. Вот что ему прибор отметил на снимке не одну искру, а восемь. Значит, восемь раз проскакивал электрический ток с шарика на шарик то в одну сторону, то в другую.

И каждый раз в разряднике появлялась блестящая вспышка. Кончилась вспышка, и сейчас же появилась другая — это снова прорвался электрический ток, но уже в обратном направлении. Вспышка за вспышкой с коротким промежутком времени между шариками, пока продолжалась жизнь искры, и с каждой вспышкой менялось направление тока. Пробежал ток в одну сторону — и пынул, пробежал назад — новая вспышка.

Вращающееся зеркало Феддерсена подтвердило догадку Томсона: электрическая искра — это маленький отрезок переменного электрического тока. Через ничтожные промежутки времени, через каждые несколько миллионных долей секунды ток изменяет свое направление.

Так вращающееся зеркало помогло Феддерсену изучить природу электрической искры.

Что происходит в пространстве

Когда в 1862 году немецкий физический журнал «Annalen der Physik» напечатал описание опытов Феддерсена, многие ученые заинтересовались этими опытами. По приложенным к статье чертежам они построили точно такие же приборы, какими пользовался Феддерсен,

*) И, как следовало из вычислений Томсона, несколько уменьшаются по величине.

Геретинг Томсон, создавший одну из первых физических лабораторий, более известен под именем лорда Кельвина, — дворянский титул он получил за успешное руководство проектом первого телеграфного кабеля между Европой и Америкой. *Природа* сост.

повторили и проверили его работу. Физики всего мира с восхищением отзывались о необыкновенной удаче ученого, которому посчастливилось сфотографировать мгновение.

Но, восхищаясь изобретательностью Фехдерсена, его современники проглядели самое главное. Никто не понял, какие необыкновенные возможности таятся в его открытии, никто не предвидел, к каким новым открытиям может оно повести.

Ученые, которые повторяли и проверяли опыты Фехдерсена, были так поглощены изучением электрической искры, что больше ни о чем не думали. Все их внимание было приковано к тому месту, где загорается и гаснет электрическая искра, — к нескольким миллиметрам пространства, отделяющим один шарик разрядника от другого.

Им и в голову не приходило, что еще более замечательные явления совершаются в тот же самый момент поблизости — не там, где с треском и блеском проскакивает яркая искра, а в пространстве, окружающем искру, где ничего не трещит, ничего не сверкает и как будто не происходит ничего.

Искру изучали, с искрой делали опыты, искру измеряли, искру фотографировали. А о том, что делается вокруг, по соседству с искрой, не задумывался никто.

И только через четверть века после опытов Фехдерсена, в 1886 году, немецкий ученый Генрих Герц, читая описание этих опытов, сообразил, что пространство, окружающее искру, — вовсе не простое, обыкновенное пространство: оно, — так заключил Генрих Герц, — отличается особенными, необычными свойствами.

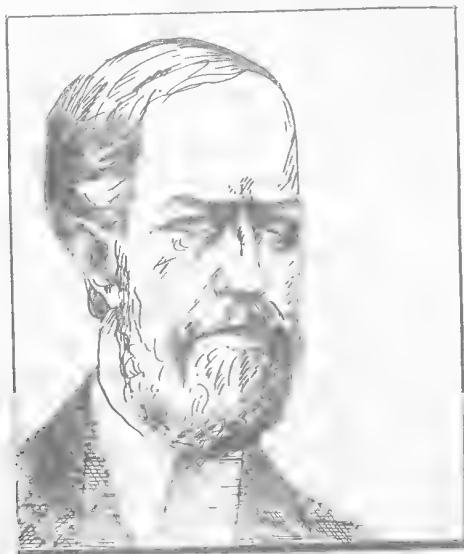
Каким же образом пришел Герц к этому выводу? Как он об этом догадался?

Всякий электрический ток создает в пространстве вокруг себя магнитное поле. Это было известно физикам и до Герца. Возьмите провод, по которому идет ток, поместите его под колокол хорошего воздушного насоса. Затем начните откачивать насосом воздух. Воздух будет уходить из-под колокола, и постепенно вокруг провода образуется пустота. Пустота? Действительно ли под колоколом пусто? На этот вопрос вам ответит магнитная стрелка. Поместите ее под колокол. Чуть только побежит по проводу электрический ток, магнитная стрелка задвигается, повернется и станет к току под прямым углом. Значит, вовсе не пусто вокруг электрического тока, даже

ти и выкачан из-под колокола воздух: воздух ушел, а что-то осталось. Осталась какая-то таинственная сила, вращающая магнитную стрелку. Все пространство вокруг электрического тока наполнено невидимыми магнитными силами.

Эти-то магнитные силы физики и называют магнитным полем.

Вокруг электрической искры тоже должно существовать магнитное поле. Ведь электрическая искра — это



Генрих Герц

отрезок электрического тока, это быстрое движение электрического заряда, перепрыгивающего с одного металлического шарика на другой. Но ток этот не постоянного направления, а переменного: направление тока изменяется с каждой новой вспышкой. Значит, — заключил Генрих Герц, — магнитное поле вокруг искры должно оказаться не таким, как вокруг обыкновенного тока. Магнитные силы вокруг искры должны колебаться, должны менять свое направление с каждой вспышкой, через каждые две-три миллионные доли секунды.

Прибор Феддерсена показал в свое время, что происходит с электрической искрой. Нельзя ли построить и такой прибор, который дал бы возможность узнать, что про-

исходит в пространстве вокруг искры, помог бы обнаружить и изучить магнитное поле, которое дрожит и колеблется в этом пространстве?

Обычно направление магнитных сил отмечает магнитная стрелка. Но для магнитных сил, окружающих искру, она не подходит: слишком уж быстро меняется направление этих сил, а стрелка неповоротлива и неуклюжа. Не угнаться ей за колебанием магнитного поля, не поспеть ей в течение миллионной доли секунды повернуться и в одну сторону и в другую.

Генрих Герц принялся сооружать прибор для изучения колеблющегося магнитного поля.

От стола до табуретки

Прежде всего Герц задумался над вопросом: нельзя ли добывать электрическую искру каким-нибудь новым способом?

Феддерсен добывал искру, разряжая заряженную лейденскую банку. Но у этого способа есть большой недостаток. Слишком уж недолго живет искра, производимая лейденской банкой. Вспыхнет она на мгновение и снова погаснет, и вот уже разрядилась лейденская банка, и нельзя больше получить от нее ни одной даже самой маленькой искорки, пока не зарядят ее снова. Как же успеть за тот короткий промежуток, когда живет еще электрическая искра, обнаружить вокруг нее колебания магнитного поля?

Герц решил взять для своих опытов не лейденскую банку, а другой прибор, создающий искры: такой, в котором искры сыпались бы сплошным потоком — не успеет погаснуть одна, как уже вспыхивает другая.

Эти приборы к тому времени были уже давно изобретены. Их можно было найти в любой физической лаборатории. Имелись они и в лаборатории Герца — в физическом кабинете политехнического института в городе Карлсруэ. Самый простой из этих приборов, самый удобный — это индукционная катушка Румкорфа. Она развивает высокое электрическое напряжение: тысячи, десятки тысяч вольт. Стоит только соединить ее с шариками разрядника, и электрические искры, яркие длинные искры, начнут скакать между шариками — одна за другой, без перерыва, хоть полчаса, хоть час, пока работает катушка Румкорфа, пока питают ее электрическим током.

Герц взял два больших пустых шара, сделанных из цинка. Шары эти он поставил на деревянные подставки —

один на одном конце стола, другой на другом. Стол был длинный: от одного шара до другого было три метра. Как раз посередине стола, между цинковыми шарами. Герц поставил еще одну деревянную подставку, а на нее укрепил два маленьких латунных шарика на расстоянии нескольких миллиметров друг от друга.

Затем он соединил эти латунные шарики проволокой с цинковыми шарами — один шарик с одним цинковым

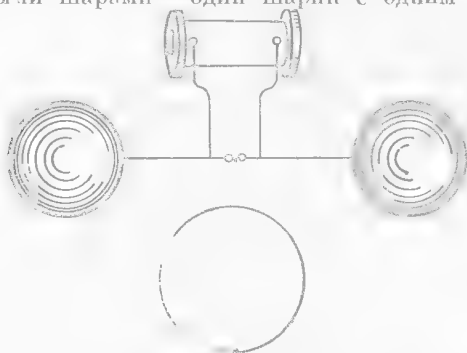


Рис. 4. Катушка Румкорфа и разрядник

рози, другой с другим. Теперь оставалось только зарядить цинковые шары электричеством высокого напряжения — один шар положительным, другой отрицательным. Оба электрических заряда устремятся навстречу друг другу, побегут по проводам и блестящей искрой перепрыгнут с одного латунного шарика на другой.

Герц соединил цинковые шары с полюсами катушки Румкорфа и включил на несколько минут высокое напряжение. Между латунными шариками тотчас же заструилась электрическая искра. Она горела яркой трещащей ленточкой, горела и не гасла — все время, пока работала катушка Румкорфа.

Именно такие, бегущие непрерывным потоком, негаснущие искры нужны были Герцу, чтобы приступить к изучению магнитного поля, которое не идямо колеблется вокруг них.

Герц взял длинную медную проволоку и согнул ее так, чтобы получился почти полный круг, круг с небольшим перерывом: один конец проволоки оказался на расстоянии двух миллиметров от другого. Этот медный круг он положил на табуретку рядом с тем самым столом, где стояли цинковые шары. Затем он поднял высокое напряжение (см. рис. 4).

Блестящая искра вспыхнула между латунными шариками. Но Герц на нее не смотрел. Не спуская глаз, он смотрел на медный проволочный круг, лежавший на табуретке. Он увидел: в перерыве между концами изогнутой проволоки тоже сверкают искры, крохотные искорки, прыгающие одна за другой через двухмиллиметровый промежуток.

Медный круг не соединен с катушкой Румкорфа. К нему не подается электрическое напряжение. Он лежит на самой простой, самой обыкновенной деревянной табуретке. Почему же и в нем вспыхивают искры?

Герц выключил катушку Румкорфа, подававшую высокое электрическое напряжение к цинковым шарам. Блестящая искра в разряднике погасла. И вслед за нею сейчас же погасли мелкие искорки в промежутке между концами разомкнутого проволочного круга.

Снова включил Герц катушку Румкорфа. В разряднике снова вспыхнула искра. И то же самое мгновение показались и таинственные искорки в проволочном круге.

Сомнений быть не могло: медный проволочный круг мелкими искорками отвечает на искру, появляющуюся в разряднике. Вспыхнула искра в разряднике на столе — загораются искорки и в перерыве проволочного круга на табуретке, погасла искра на столе — гаснут искорки и на табуретке.

Почему же загораются искорки в перерыве между концами проволочной дуги? И почему они гаснут?

Герц знал почему: ведь вокруг искры в разряднике колеблется магнитное поле. Электромагнитные колебания, невидимые электромагнитные волны струятся во все стороны от разрядника. Они растекаются по комнате, они бегут по всем направлениям — к полу, к стенам, к потолку. Люди не видят их, не слышат, не чувствуют. Но разомкнутый проволочный круг их заметил сейчас же. Электромагнитные волны, упавшие на проволоку, возбудили в ней электрический ток. И через перерыв в проволокe немедленно посыпались искры.

Герц немного отодвинул табуретку от стола и снова пропустил сквозь разрядник искру. И что же? Проволочный круг снова ответил на нее искорками, но на этот раз искорки были гораздо слабее и тоньше, чем прежде. Очевидно, электромагнитные волны, растекаясь во все стороны от искры в разряднике становятся чем дальше от искры, тем слабее.

Герц отодвинул табуретку еще на шаг. Искорки стали еще бледнее и тоньше, но все-таки они появлялись.

И только когда Герц отодвинул табуретку в другой угол комнаты, на расстоянии двух с половиной метров от разрядника, искорки перестали появляться.

Герц понял, что ему удалось сделать важное открытие. С помощью своего медного проволочного круга он сумел обнаружить и уловить электромагнитные волны, разбегающиеся во все стороны от разрядника. Он обнаружил эти волны не только вблизи искры, но и поодаль — на расстоянии метра, полутора метров и даже двух.

Думал ли Герц о том, что люди когда-нибудь научатся посылать электромагнитные волны не за метр и не за полтора, а за сотни и тысячи верст, — не от стога к табуретке, а с материка на материк, через моря и океаны?

Знал ли он, что его разрядник — это первая в мире радиостанция и что его проволочный круг — это первый в мире радиоприемник?

Знал ли он, что, основываясь на его открытии, люди сконструируют радиотелеграф?

Лучи электрической силы

Не дни, не месяцы, а целые годы продолжались опыты Герца.

Медленно и упорно изучал он электромагнитные волны, повторяя каждый опыт по нескольку раз, внося все новые и новые усовершенствования в свои приборы. Ежедневно он приходил в лабораторию рано утром, а уходил поздно вечером. Не зная отдыха, ставил он опыт за опытом, исписывал длинные листы бумаги сложными выкладками и математическими формулами, рисовал чертежи и схемы, мастерил новые приборы и аппараты.

Много труда положил он на то, чтобы усовершенствовать вибратор — так называл он металлические шары, вокруг которых колеблются электромагнитные волны.

Он добивался того, чтобы искры в вибраторе стали более мощными и энергичными и чтобы направление электрического тока менялось с возможно большей частотой.

После двух лет опытов и вычислений ему удалось, наконец, построить надежный вибратор.

Он взял два латунных цилиндра длиною в 9 сантиметров и к каждому из них приделал на конце по латунному шару. Один цилиндр он поставил шаром вверх, а дру-

гой повесил над ним шаром вниз. От шара до шара оставался узкий перерыв в 3 миллиметра.

Стоило теперь соединить цилиндры с индукционной катушкой — один с одним полюсом, другой с другим, — и от шара к шару, через трехмиллиметровый промежуток, начинали сыпаться электрические искры.

В свое время опыты Феддерсена показали: направление электрического тока, скачущего искрой от шара к шару, не остается все время одинаковым. Оно беспрерывно меняется, оно колеблется с невообразимой быстротой.



Рис. 5. Резонатор Герца

Но в разряднике Феддерсена направление электрического тока менялось каждые две — три миллионные доли секунды, а в усовершенствованном вибраторе Герца — так гласили точные математические вычисления — оно менялось в тысячу раз быстрее.

Даже проворное зеркало необыкновенных часов не могло уловить за такт и частыми колебаниями тока, не могло разбить видимую лазу искры на отдельные вспышки. От вспышки до вспышки проходила теперь не миллионная, а миллиардная доля секунды.

Усовершенствованный вибратор Герца был готов. Оставалось усовершенствовать и резонатор, — так Герц называл свой улавливатель электромагнитных волн, свой проволочный круг с перерывом для искры.

В первых опытах Герца резонатор откликался на электромагнитные волны только в близком соседстве от искры. Герц хотел усилить чуткость резонатора, заставить его отзываться на искру, скачущую между шарами, даже тогда, когда он стоит далеко от шаров.

Прежде всего он уменьшил размеры резонатора. Новый проволочный круг был теперь всего только семи сантиметров в диаметре — он свободно умещался на ладони. Сделан он был из тонкой медной проволоки. Перед тем как пустить проволоку в дело, Герц посадил на один ее конец крохотный отполированный латуный шпик, а другой конец заострил. Потом согнул проволоку в круг. На этот раз он оставил между ее концами лишь крохотный перерыв — каких-нибудь несколько сотых долей миллиметра. Простым глазом такую щелочку и не заметишь, а потому Герц записал ее усиленным стеклом (рис. 5).

Когда все было готово, он включил индукционную катушку, соединенную с вибратором. В трехмиллиметровом промежутке между гладко отполированными латунными шарами загорелись трещащие искры. Невидимые электромагнитные колебания наполнили пространство.

Глядя сквозь увеличительное стекло на перерыв в резонаторе, Герц заметил крохотные ответные искорки. Этими бледными тонкими искорками резонатор подтверждал, что его коснулись электромагнитные колебания — невидимые электромагнитные волны, «лучи электрической силы», которые посылал в пространство вибратор.

Множество опытов подтверждал Герц с лучами электрической силы. Счастливый случай помог ему совершить важное открытие. В лаборатории, в которой он работал, была большая железная печка. Однажды во время опытов Герц случайно поставил свой резонатор неподалеку от печки. И что же? Оказалось: чем ближе к печке, тем увереннее и отчетливее отзывается резонатор на электромагнитные волны. Значит, близость железной печки чем-то помогает резонатору, чем-то облегчает его работу. Чем же? Герц сразу угадал чем: видно, печка отражает лучи электрической силы, и на резонатор теперь падают не только электромагнитные волны, которые пришли прямой дорогой от вибратора, но также и те, которые отразились от железной печки.

Волны действуют теперь соединенными силами, и потому искра в резонаторе стала вспыхивать ярче.

Оценив ту услугу, которую оказала электромагнитным волнам металлическая печка, Герц задумался над тем, нельзя ли сделать помощь металла еще более действенной.

Тут ему сразу припомнился прожектор. Прожектор — это обыкновенное зеркало, но только не плоское, а параболическое, кривое (рис. 6). Когда в фокусе этого зеркала зажигается лампочка, зеркало собирает все лучи,ходящиеся от лампочки, в один пучок и посылает их в одну и ту же сторону. Собранные вместе, лучи сияют гораздо ярче, чем порознь.

Нельзя ли устроить такой же прожектор, такой же собиратель лучей, но только не для световых лучей, испу-



Рис. 6. Прожектор

скаемых лампочкой, а для лучей электрической силы? Нельзя ли этим прожектором собрать в один пучок и направить в одну сторону электрические лучи, которые вибратор разбрасывает по всем направлениям?

Герц немедленно принялся за работу. Он раздобыл большой цинковый лист, высотой и шириною в два метра.

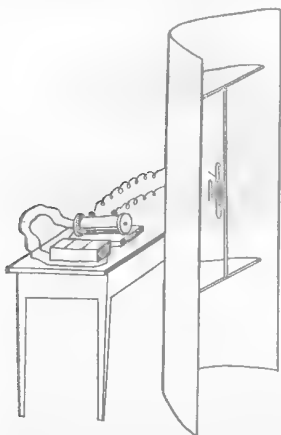


Рис. 7. Зеркало для лучей электрической силы

Этот лист он согнул так, чтобы получилась точно рассчитанная кривая поверхность, которую математики называют параболическим цилиндром (рис. 7).

Это и было вогнутое зеркало, но уже не для лучей света, а для лучей электрической силы. В фокусе этого зеркала Герц расположил свой вибратор. Затем он включил индукционную катушку.

Снова посыпались искры, и вибратор стал испускать электромагнитные волны. Но теперь они уже не растекались куда попало. Цинковый лист собирал их и посылал в одну сторону концентрированным и сильным пучком.

Действие прожектора сказалось сразу. На два, на три метра отодвинул Герц свой резонатор — искры загораются. На четыре, на пять — все еще загораются. И только на расстоянии шести метров искорки исчезли.



Рис. 8. Цинковый прожектор Герца

Тогда Герц изготовил второй цинковый прожектор такой же величины и такой же формы, как первый (рис. 8). Выйдя из первого прожектора параллельным пучком, лу-

чи падали на второй. Все лучи концентрировались в одной точке — в фокусе второго прожектора: в этой точке Герц и установил свой резонатор.

Дальность приема сразу увеличилась. С пяти метров она дошла до шестнадцати!

Электромагнитным волнам в комнате уже становилось тесно.

Конец опытов Герца

Генрих Герц продолжал изучать электромагнитные волны.

Он уже знал, какое расстояние способны пройти электрические лучи, испускаемые его вибратором. Но этого было ему мало. Ему хотелось знать, какие препятствия смогут они преодолеть на своем пути, через какие вещества они пройдут свободно, а какие окажутся для них непроницаемой преградой.

На пути электрических лучей, выходящих из цинкового прожектора, Герц ставил то одно вещество, то другое, то третье. Он испытывал и металлы, и дерево, и уголь, и кирпичи, и воду. Из его опытов выяснилась важная закономерность: всякое вещество, пропускающее электрический ток, не пропускает лучей электрической силы; и наоборот, всякое вещество, не пропускающее электрического тока, прозрачно для электрических лучей.

Металлы легко пропускают электрический ток, а для лучей электрической силы они абсолютно непроницаемы. Дерево, стекло, асфальт, кирпичи не пропускают электрического тока, но зато свободно пропускают лучи электрической силы.

С напряженным вниманием физики всего мира следили за работой Генриха Герца. Они читали и перечитывали каждую статью, подписанную его именем: они жадно ловили каждое известие из его лаборатории.

Наиболее дальновидные ученые уже понимали, к каким важным для человечества открытиям ведут опыты Герца.

В 1892 году английский физик Уильям Крукс в одной из своих статей написал:

«Лучи света не проходят сквозь стены. Они не проходят и сквозь туман,— жителям Лондона это отлично известно. Но электрические лучи Герца легко пройдут и сквозь туман, и сквозь стены,— и туман, и стены для них

проницаемы. Нельзя ли с помощью лучей Герца устроить телеграф без проводов и без телеграфных столбов? Ведь физики умеют посылать в пространство электромагнитные волны, они умеют и улавливать их. Значит, можно было бы попробовать посылать с помощью электромагнитных волн телеграммы, — настоящие телеграммы, передаваемые по азбуке Морзе. Это не пустая фантазия. Как раз над этим сейчас работают ученые в разных странах Европы. И, вероятно, в ближайшие годы им удастся изобрести настоящий беспроволочный телеграф».

Слова Крукса оказались пророческими: уже через несколько лет настоящий беспроволочный телеграф, посылающий на огромное расстояние настоящие телеграммы, был сконструирован. Люди научились обходиться без кабелей, без телеграфных столбов, проводов. Сигналы, известия, телеграммы теперь уже переносят с материка на материк не электрический ток, бегущий по проводу, а электромагнитная волна, не нуждающаяся ни в каких проводах.

Но Генриху Герцу, который открыл электромагнитные волны, не суждено было дожить до этого дня. Ему не дано было увидеть, как электромагнитные волны стали самой надежной связью между каждым судном, упавшим в море, и берегом; между экспедицией, затерявшейся в горах, и городом, из которого она вышла; между отдаленнейшими уголками Земли.

В 1894 году Генрих Герц неожиданно умер.

Он умер, не закончив своей великой работы. За него ее закончили другие.

Александр Степанович Попов

В городе Кронштадте, в морской крепости Балтийского флота, есть школа. Называется она Электроминной школой имени Александра Степановича Попова. Это — электротехническое учебное заведение. В нем обучают краснофлотцев, которые готовятся стать инженер-механиками электроустановок нашего Балтийского флота. специалистами по минному делу.

Кронштадтская Электроминная школа существует уже почти двести лет. Существовала она и сорок — пятьдесят лет назад, в те годы, когда ученые делали первые попытки создать беспроволочный телеграф. Разумеется, тогда она не носила имени Попова. Называлась она иначе — Крон-

штадтский Минный класс. До революции обучались в Минном классе офицеры императорского российского Балтийского флота.

Александр Степанович Попов был профессором физики и электротехники в Кронштадтском Минном классе.

Как и все ученые того времени, Попов интересовался опытами Герца. Когда в газетах появилось известие, что



Александр Степанович Попов

Герц умер, Попов решился сам взяться за изучение электромагнитных волн, усовершенствовать опыты Герца, закончить незавершенную им работу. Начиная с 1894 года, всякую свободную минуту, остававшуюся от тяжелой преподавательской службы, он отдавал исследованию электромагнитных волн.

В скромной физической лаборатории Минного класса мастерил незатейливые самодельные приборы и с помощью этих приборов воспроизводил опыты Герца и опыты других ученых, которые вслед за Герцем начали изучать новооткрытую область.

Весной 1895 года Попов прочитал в английском научном журнале «Electrician» одну статью, содержание которой его чрезвычайно заинтересовало.

Автор статьи, английский физик Оливер Лодж, сообщал читателям журнала о важном открытии, которое он сделал, изучая свойства металлических порошков.

Он обнаружил, что электромагнитные волны, падая на порошок, состоящий из металлических зерен, оказывают на него удивительное действие: как только электромагнитные волны прикоснутся к порошку, зернышки мгновенно слипаются друг с другом.

Увидеть, как слипаются зернышки, нельзя: слишком уж малы промежутки между ними. О том, что зернышки слиплись, исследователю дает знать стрелка гальванометра — прибора, обнаруживающего электрический ток. Пока порошок рассыпан на зерна, электрический ток сквозь него не проходит: пройти ему мешает воздух, отделяющий одну частицу металла от другой (ведь воздух не пропускает электрического тока). Но чуть голько под воздействием электромагнитных волн зернышки металла склеются друг с другом, стрелка гальванометра дернется: электрический ток свободно, без задержки, по сплошной металлической дорожке пробежит сквозь порошок.

Металлические порошки сами по себе мало занимали Попова. Вопрос о том, через какие вещества легко проходит электрический ток, а какие оказывают току сопротивление, пикогда особенно не интересовал его. Но выводы, которые сделал Лодж из своих опытов, сразу заставили Попова насторожиться.

Выводы были такие: ток, пропускаемый сквозь металлические порошки, дает физикам новое средство обнаружить электромагнитные волны. Если зернышки порошка слиплись, — значит, возле них уже побывали электромагнитные волны; если же ток не проходит по металлическому порошку, — значит, зернышки еще не слиплись, и следовательно, не было поблизости от них электромагнитных волн.

Попов понял: к открытиям покойного Герца Лодж сделал существенное дополнение. Ведь опыты Лоджа подсказывают новый способ улавливать электромагнитные волны. Не окажется ли металлический порошок более чувствительным приемником электромагнитных волн, чем резонатор Герца?

Попов немедленно приступил к опытам. Он взял маленькую стеклянную трубку и насыпал в нее железные опилки. С обоих концов трубки он воткнул по проволочке. Эти проволоочки он соединил с полюсами батареи, вырабатывающей электрический ток.

Чтобы заметить появление электрического тока, Лодж трел на стрелку гальванометра. Попов решил замесить молчащий гальванометр громким звонком: в цепь тарел, подающей ток в трубочку с железными опилка-и, он включил электрический звонок (рис. 9).

Попов приступил к испытанию своего нового прибора. включил катушку Румкорфа и привел в действие ви-тор. Электромагнитные волны, испускаемые искрой,

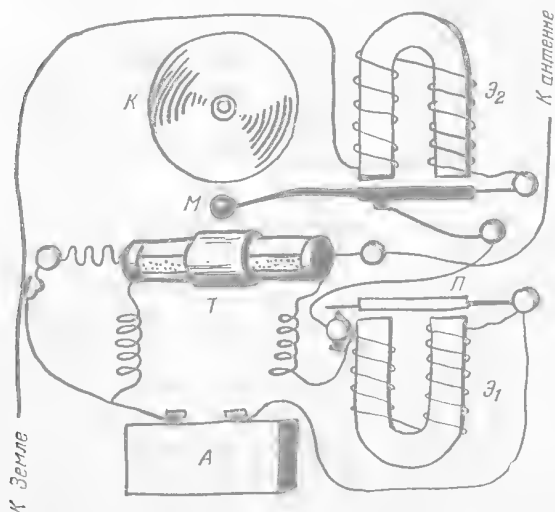


рис. 9. Схема прибора Попова: *Т* — трубочка с железными опилками; *К* — колокол звонка; *М* — молоточек; *А* — аккумулятор, подающий ток в трубочку с опилками; *Э*₁ и *Э*₂ — электромагниты; *П* — железная пластинка. Ток, возникающий в трубочке с опилками, попадает в электромагнит *Э*₁. Электромагнит сейчас же начинает действовать: притягивает к себе пластинку *П*. Под пластинкой расположен острый металлический штифтик. Притянувшись к электромагниту, пластинка касается штифтика и тем самым замыкает другую электрическую цепь: цепь, соединяющую аккумулятор *А* с обмоткой электромагнита *Э*₂. Электромагнит *Э*₂ приводит в действие молоточек звонка

немедленно произвели ожидаемый эффект: опилки слип-лись, по ним пробежал ток, электрический звонок за-звонил.

Невидимые и неслышные электромагнитные волны (звещали о своем присутствии громким звоном.

Но скоро этот громкий звон перестал радовать Попова. Попов выключил вибратор, электромагнитные волны пре-

кратились, а звонок звонит. Снова включил — звонит по-прежнему. Еще раз выключил — громкий звон продолжается как ни в чем не бывало. Что же это за прибор, который сигнализирует зря? Кому нужен такой пустозвон? Начал он звонить вовремя — в тот момент, когда к нему прикоснулись электромагнитные волны, — а потом и пошел звонить, не разбирая: есть ли волны, нет ли их.

Как же заставить звонок прекращать звон, чуть только прекращаются электромагнитные волны?

Из статьи Лоджа Попов знал: все дело в опилках. Опилки слышались, когда на них упали электромагнитные волны, и так и остались слышимыми. Электрический ток бежит по ним без перерыва, потому-то и звонит без перерыва электрический звонок.

Из этой же статьи Лоджа Попов знал: чтобы помешать прохождению тока — стоит только разрушить металлический мостик, разъединить, рассыпать опилки.

Лодж попросту в нужный момент встряхивал порошок руками. Но Попов с этим не мог примириться. Не занимать же специального человека, чтобы он безотлучно стоял возле прибора, улавливающего электромагнитные волны, и встряхивал трубочку с опилками! Попов полагал, что, раз прибор научился сам звонить в звонок, можно заставить его и трубочку встряхивать самому. Попов перенес звонок поближе к трубочке и поставил его так, чтобы молоточек, нагибаясь, ударял по колоколу, а выпрямляясь — по трубочке.

Стукнет молоточек в колокол, а потом в трубочку. потом снова в колокол, потом снова в трубочку. А чтобы он не разбил трубочку, Попов надел на нее толстое резиновое кольцо.

Теперь уже не нужно встряхивать трубочку руками, чтобы слышимые опилки рассыпались. Молоточек звонка, стуча по трубочке, сам встряхивает, сам разъединяет опилки. Пока электромагнитные волны продолжают падать, молоточек эту работу делает зря: электромагнитные волны каждое мгновение снова склеивают то, что молоточек разъединил. Но чуть только прекратятся волны, работа молоточка сразу достигнет цели: стукнув в последний раз по трубочке, он рассылет опилки, и их некому будет склеивать. Таким образом недостаток прибора устранен: звонок начинает звонить, чуть только возникают электромагнитные волны, а едва они прекращаются — он умалкает.

Теперь оставалось выяснить самый главный вопрос: действительно ли новый приемник, чем резонатор Герца? Много ли придали ему силы опилки и звонок? Обнаружит ли он электромагнитные волны на большем расстоянии, чем резонатор Герца?

На этот вопрос могли ответить только опыты.

Телеграмма с неба

II Попов приступил к опытам.

Сперва он поставил свой приемник в той самой комнате, где работал вибратор. Звонок зазвонил. Потом он перенес приемник в соседнюю комнату. Обнаружит ли теперь приемник электромагнитные волны?

Обнаружил! Как только ажглась искра в вибраторе, час же в ответ зазвонил и звонок приемного аппарата. Но Попов на этом не устоял. Ведь передавать сигналы из комнаты в комнату, на расстояние нескольких метров, устал и Герц. Нельзя ли с новым приемником принимать сигналы подальше?

Попов вышел и установил на улицу и установил его в пятидесяти метрах от лаборатории. Резонатор Герца не справился с таким расстоянием. Справятся ли с ним новые опилки? Выдержат ли они этот экзамен?

Выдержали. Громким звоном ответил приемник на искру в вибраторе. Итак, дальность приема удалось довести до восьмидесяти метров!

Но Попову все было мало. Он хотел сделать свой приемник еще более чутким, он хотел добиться еще большей дальности приема.

И он решил снабдить приемник особыми щупальцами для улавливания тех электромагнитных волн, которые проносятся в вышине.

Попов взял металлический провод длиною в три метра. Один конец провода он прикрепил к ветке дерева, а другой конец, свисавший вниз, соединил с провололочкой, вешенной из трубки с опилками. Волны, проносившиеся приемником, теперь уже не терялись зря: перехватывая проводом, они скользили вниз, к железным опилкам. Провод, свисавший с дерева, — это была первая в мире антенна.

Набженный антенной, приемник Попова сразу же открыл предыдущий рекорд. Сто метров, сто двадцать, сто шестьдесят пять, двести! Совершеннейшее оставалось:

Попов был на верной дороге к изобретению беспроводного телеграфа.

В апреле 1895 года, через месяц после начала опытов, произошло неожиданное событие. Звонки приемника вдруг зазвонили сам собой. Искры в вибраторе не было, никто и не думал включать катушку Румкорфа, а приемник звонит и звонит.

Что за чудеса?

Долго ломал себе голову Попов, стараясь объяснить загадочное происшествие. Долго казалось оно ему необъяснимым. И только тогда, когда он узнал, что в этот самый день, в этот самый час, на море, в тридцати километрах от Кронштадта бушевала гроза, — он понял все. Гроза, — значит, на небе вспыхивали молнии. А ведь молнии — это электрическая искра, да еще какая! В миллионы вольт, в километры длины! Так вот почему звонил приемник! Он уловил электромагнитные волны, испускаемые молнией, громкими звонками сообщил он о том, что за десятки километров от него работает могучий вибратор.

Так Попов принял радиотелеграмму, посланную с неба.

Черточки и точки

После первых опытов Попова прошел целый год. За это время его приемник сильно изменился. Он стал работать еще исправнее, чем раньше, он стал еще чувствительнее и точнее. И самое главное — он научился принимать настоящие, осмысленные телеграммы: уже не звонки, а телеграфный аппарат Морзе откликался на электромагнитные волны. Пусть через вибратор искра на одно короткое мгновение — и аппарат Морзе ставит на телеграфной ленте точку; пусть искра так, чтобы она сверкала чуть подольше — и аппарат Морзе печатает не точку, а черточку. Черточки и точки — это буквы телеграфной азбуки, которую в середине XIX века придумал американец Морзе. Одна точка и одна черточка — буква А; одна черточка и три точки — буква В; одна точка и две черточки — буква С. Любую букву, любое слово, любую фразу можно записать такими точками и черточками. Выползает из аппарата телеграфная лента, а на ней черточки и точки, черточки и точки — телеграмма, записанная азбукой Морзе.

Попов торжествовал: наконец-то его прибор перестал быть лабораторной игрушкой и готов вести практическую службу.

Сбылось предсказание Крукса: беспроволочный телеграф появился на свет. Он стоял на столе физической лаборатории, поблескивая стеклянной трубкой, сверкая железом опилок и медью антенны. Всякий мог ощупать своими руками рычажки и колесики телеграфного аппарата, упругое резиновое кольцо, прикрывающее трубку, гладкую обмотку электромагнита, приводящего в действие молоточек.

Всякий своими глазами мог прочесть телеграмму, принятую беспроволочным телеграфом.

И однако нашлись люди, которые, вопреки очевидности, отказались поверить, что беспроволочный телеграф существует.

Попов обратился к морскому министру Авелану с просьбой ассигновать физическому кабинету Минного класса тысячу рублей на приобретение новых приборов. В рапорте, поданном министру, Попов писал, что приборы нужны ему для дальнейшего усовершенствования телеграфа без проводов.

Но не так-то легко провести морского министра Авелана. Министр — не какой-нибудь неуч: он отлично знает, что во всяком телеграфе самое главное — столбы и проволока. Без телеграфных столбов! Что за вздор! Без проводов! Что за ерунда! Как же так, по воздуху что ли полетит телеграмма? Телеграмма ведь не птица, она не умеет летать.

Резолюция министра гласила:

«На такую химеру отпускать средства не разрешаю».

Так и остался Попов без денег. А деньги были нужны ему до зарезу. Без денег не построишь приборов, создающих мощные искры, не поднимешь антенну на нужную высоту.

Изобретатель беспроволочного телеграфа продолжал работать над своей химерой. Он знал: телеграф без проводов — не фантазия. Электромагнитные волны, преодолев метры, смогут преодолеть и километры. Но для расширения опытов нужны большие средства. Индукционные катушки стоят денег, вибраторы стоят денег, телеграфные аппараты стоят денег. Как осуществить грандиозный замысел, не имея никаких денежных ресурсов, кроме скромного жалования преподавателя?

Попов продолжал свои опыты, но работа шла медленно и трудно.

А через несколько месяцев он узнал, что он — единственный изобретатель беспроволочного телеграфа.

В газетах и журналах всего мира появились известия о том, что какой-то никому не известный итальянец изобрел аппарат для телеграфирования без проводов.

Итальянского изобретателя — так писали газеты — зовут Гульельмо Маркони.

Первые опыты Маркони

Гульельмо Маркони не был ни профессором физики, ни инженером. Его имя никогда не появлялось в научных журналах. Он был молодым студентом, вольнослушателем политехнической школы в городе Болонье,



Гульельмо Маркони

В год смерти Генриха Герца ему исполнилось двадцать лет.

Из лекций, из книг, из журнальных статей студент Маркони узнал об опытах Герца. Он понял — беспроволочный телеграф возможен. И он решил изобрести беспроволочный телеграф.

Он достал катушку Румкорфа и смастерил себе катушный вибратор. В деревне Поитеккино, недалеко от Бо-

лоньи, в дачном доме, принадлежавшем его отцу, Маркони устроил свою лабораторию. Весной 1895 года он приступил к опытам.

Он испытывал то одну форму вибратора, то другую, изготовлял из цинка и жести огромные параболические зеркала, конструировал и сравнивал различные приборы для улавливания электромагнитных волн.

Так же, как Попов, он прочитал в журнале «*Electrician*» сообщение Лоджа. Так же, как и Попов, проделав несколько опытов, он решил: трубочка с металлическими опилками чувствительнее к электромагнитным волнам, чем искровой резонатор Герца.

Удивительно, до чего были похожи эти первые опыты Маркони на те опыты, которые одновременно с ним делал профессор Попов. Попов не знал ничего о Маркони, Маркони не знал ничего о Попове, но оба они — и русский профессор, и итальянский студент — в одно и то же время одним и тем же способом решали одну и ту же задачу. Попов заставил электромагнитные волны звонить, — то же самое сделал и Маркони. У Попова молоточек звонка встряхивал стеклянную трубку с опилками, — и той же работой был занят молоточек звонка в приборе Маркони. Попов соединил свой приемник с вертикальным проводом — антенной, и Маркони тоже додумался до антенны. Все, что в лаборатории Кронштадтского Мичманского класса изобрел профессор Попов, — все это, независимо от Попова, в далекой Италии, в деревне Понтеккио, в усадьбе Вилла Гриффоне, изобрел и молодой итальянский студент.

Он вбил в землю высокий деревянный шест, а на верхушку шеста — как шапку — надел ведро. К ведру подвесил длинный медный провод — антенну. Потом он взял самый чуткий свой прибор для улавливания электромагнитных волн: стеклянную трубочку, полную серебряных опилок и мелкой никелевой пыли. Серебряную проволоку, торчавшую из одного конца трубочки, он соединил со своей антенной, а проволоку, торчавшую из другого конца, соединил с другим проводом — с проводом, который вел к цинковому листу, глубоко зарытому в землю.

Соорудив приемную станцию, он принялся улучшать свой передатчик — вибратор, посылающий в пространство электромагнитные волны.

Опыты показали ему, что дальность передачи сигналов растет, если поставить антенну не только у аппарата,

который принимает волны, но и у аппарата, который их посылает. Возле вибратора Маркони вбил в землю такой же шест, какой уже стоял возле приемника, и на него тоже надел ведро с проводом. Один шар он соединил с этой

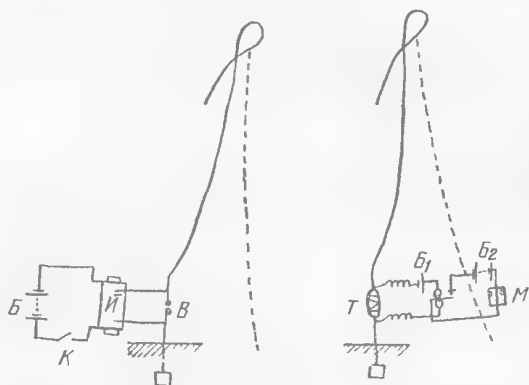


Рис. 10. Схема беспроволочного телеграфа Маркони. Слева отправительная станция (передатчик): $Б$ — батарея аккумуляторов; $К$ — ключ для замыкания и размыкания цепи; $И$ — индукционная катушка; $В$ — вибратор, соединенный с антенной, поднятой на воздушном змее, и с цинковым листом, зарытым в землю. Справа — приемная станция: $Т$ — трубочка с пикелевыми и серебряными опилками; $Б_1$ — батарея, подающая в трубочку ток; $Б_2$ — вспомогательная батарея (эту батарею включает электромагнит, который приводится в действие током, проходящим сквозь опилки); $М$ — телеграфный аппарат Морзе, который приводится в действие током батареи $Б_2$.

новой антенной, а другой — с зарытым в землю цинковым листом (рис. 10).

Проделявая опыты с этим усовершенствованным вибратором (передатчиком, как назвал Маркони свой вибратор, снабженный антенной), Маркони заметил: чем длиннее антенна, тем сильнее колеблется вокруг нее электромагнитное поле, тем дальше от нее растекаются электромагнитные волны. Антенна в 2 метра высоты — дальность передачи 30 метров; антенна в 4 метра высоты — дальность передачи 100 метров; антенна в 8 метров высоты — дальность передачи дошла до 400 метров.

Маркони убрал ведро с верхушки антенны — и дальность передачи сигналов сразу уменьшилась. Снова нацепил ведро — и дальность увеличилась снова. А что если

вместо ведра поставить на верхушку шеста большой железной бак? Маркони раздобыл бак емкостью в целый кубометр и поднял его к верхушке шеста.

Какое расстояние теперь пройдут электромагнитные волны?

Два километра четыреста метров! Передатчик стоит на одном конце деревни Понтеккио, приемная станция — на другом. Невидимые электромагнитные волны струятся от передатчика к приемнику. И приемник безошибочно улавливает их, возвещая о них громким звонком.

Когда два километра четыреста метров были завоеваны, перед Маркони, как и перед Поповым, встал вопрос: как добыть денег для постройки мощных станций, для установки высоких антенн?

Маркони понимал: все, чего он мог добиться самодельными своими приборами, он уже добился. Будущность беспроволочного телеграфа зависит уже не только от физиков, изучающих свойства электромагнитных волн, не только от техников, конструкторов и инженеров, — она зависит от банкиров и предпринимателей, зависит от того, пожелают ли они или не пожелают финансировать его изобретение.

Обратиться к помощи государства, к министрам, к королю? Итальянец Маркони ничего не знал о судьбе, постигшей Попова, но он хорошо знал свою страну — лучше, чем Попов свою. Он понимал: Италия — отсталое государство, Италия не оценит его работы, не поверит молодому изобретателю, о котором никто никогда не слышал. Король, генералы, министры в ответ на его просьбу только пожмут плечами. «Не станем мы бросать деньги на ветер, — скажут они, — немыслимое это дело: телеграф без проводов».

Нет, не в Италии нужно осуществлять беспроволочный телеграф, а в Англии — самой передовой, самой культурной, самой богатой стране.

В мае 1896 года Гульельмо Маркони приехал в Лондон. Он приехал не с пустыми руками, — он привез ящик, в котором лежали его приборы, схемы, чертежи.

В Лондоне, на улице Сент-Мартинз-Легран, на крыше высокого дома, в котором помещалось Министерство почт и телеграфов, Маркони продемонстрировал свои опыты. Он передал телеграмму с одного конца крыши на другой. При демонстрации опытов присутствовали чиновники министерства, а среди них — знаток телеграфного дела

Уильям Прис, главный инженер Министерства почт и телеграфов.

Чиновники остались довольны. Они уехали, ничего не сказав, но через несколько дней Уильям Прис сообщил Маркони решение министерства:

«Британское Министерство почт и телеграфов не остановится ни перед какими затратами для того, чтобы осуществить план мистера Маркони».

Радио победило Ла-Манш

Маркони получил все, чего добивался. Министерство ассигновало деньги, министерство послало ему материалы, министерство предоставило ему помощников. Сам главный инженер Уильям Прис вызвался помогать изобретателю радиотелеграфа.

Со всеми своими сотрудниками Маркони отправился на Солсбери-Плейн — обширную равнину в южной Англии. Он приступил к сооружению экспериментальных станций беспроволочного телеграфа. В свои приборы он внес важное усовершенствование: соединил антенну приемника с двумя проволочными катушками, вставленными одна в другую. Это был трансформатор, повышающий напряжение электрического тока. Пройдя сквозь трансформатор, ток усиливался в десятки, в сотни раз. Теперь уже через трубочку с опилками проходил гораздо более сильный ток, чем раньше, а потому телеграфный аппарат, соединенный с трубочкой, стал работать отчетливее (рис. 11).

Благодаря трансформатору дальность передачи увеличилась. И с каждой неделей, с каждым месяцем беспроволочный телеграф завоевывал все большие и большие пространства. Миля! Две мили! Три мили! Четыре! В своей походной лаборатории Маркони работал по двадцать часов в сутки. Он ездил верхом из деревушки в деревушку, спал на складной кровати в полотняной

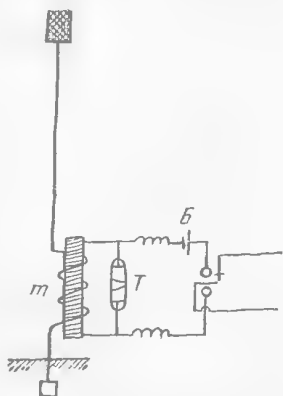


Рис. 11. Схема усовершенствованной приемной станции Маркони: *T* — трубочка с опилками; *B* — батарея; *m* — трансформатор высокой частоты («джингер»)

палатке. Он конструировал и испытывал индукционные катушки, трансформаторы, вибраторы, антенны, чувствительные трубочки с металлическим порошком. И каждый месяц отчеты о проделанных опытах он пересылал в Лондон, в дом на улице Сент-Мартинз-Легран.

В январе 1897 года Уильям Прис решил объявить об открытии Маркони. В присутствии многих известных ученых прочитал он лекцию, озаглавленную «Беспроволочный телеграф».

На другой же день отчет о лекции Приса появился в больших лондонских газетах. Еще несколько дней — и на всей земле люди только и говорили, что о молодом итальянце и о таинственных опытах, которые он ведет на равнине Солсбери-Плейн. Читатели газет помнили: в январе 1896 года по миру пронеслась первая весть о лучах Рентгена. Прошел один только год, и ученые снова удивили весь мир: изобрели способ телеграфировать без проводов и телеграфных столбов.

Все газеты поместили портрет Гульельмо Маркони и напечатали описание его приборов.

С тех пор чуть ли не каждый день газеты и журналы сообщали какое-нибудь новое известие о беспроводном телеграфе. В феврале они сообщили, что Прис и Маркони, закончив опыты на Солсбери-Плейн, переехали в городок Пинарс, на северный берег Бристольского залива. Из Пинарса они пробуют пересылать телеграммы на острова залива и на противоположный берег. Сигналы, отправленные из Пинарса, были приняты сперва на острове Флэтхольм, в трех милях от берега, потом на острове Стипхольм — в пяти милях от берега, а потом, наконец, и в городе Уэстон-супер-Мэр, на противоположном берегу Бристольского залива. Из Пинарса в Уэстон-супер-Мэр доставили телеграмму электромагнитные волны, с берега на берег, пройдя над водой залива целых девять миль пути (рис. 12).

В июле 1897 года Маркони с триумфом вернулся в Италию. Он уже не был безвестным молодым студентом. Он был знаменитым человеком, прославленным изобретателем беспроводного телеграфа. Не пришлось ему упрашивать министров, чтобы они сооблаговолили взглянуть на его приборы, — теперь министры сами упрашивают его показать им работу беспроводного телеграфа. И он согласился. 11, 12, 13 июля в морской крепости Специя, в форте Сан-Бартоломео, происходила публичная демонстрация опытов Маркони. В присутствии морского

министра, адмиралов, чиновников министерства Маркони демонстрировал передачу сигналов беспроволочного телеграфа. Передатчик был установлен в арсенале крепости, приемник — на броненосце «Сан-Мартиньо». Броненосец

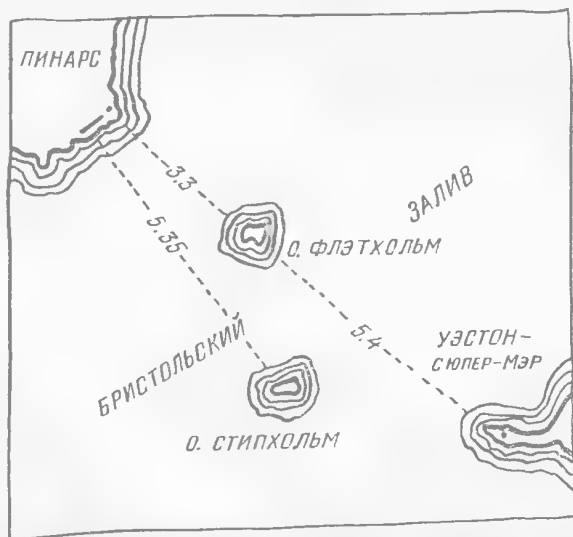


Рис. 12. Сигналы, отправленные из Пинарса, были приняты сначала на острове Флэтхольм, потом на острове Стипхольм и, наконец, в городе Уэстон-супер-Мэр

медленно уходил в море, принимая с берега радиосигналы. И только на расстоянии 18 километров связь прервалась.

Маркони на вершине славы. Торжественно встречают его в Риме, на улицах толпа кричит: «Evviva Marconi!», король Умберто и королева Маргарита удостоивают его аудиенции. После короткого отдыха Маркони снова принимается за работу. Он снова едет в Англию и приступает к новым опытам. Теперь он хочет добиться передачи сигналов из Англии во Францию через пролив Ла-Манш.

На острове Уайт, близ бухты Алюм, в маленькой комнате деревенской гостиницы приютилась лаборатория Маркони. Он мастерит из бумаги и шелка воздушные змеи и в ветреные дни запускает их высоко в небо. Легкий алюминиевый провод, свисающий с воздушного змея, — вот антенна его новой радиостанции. И в ветре-

ные дни ему удается пересылать радиотелеграммы с острова Уайт на английский берег и на плывущие по Ла-Маншу суда.

Но ведь не каждый день дует ветер, а Маркони хочет посылать телеграммы каждый день. Что же делать? Как поднять к небу антенну в безветренный день? Если бы радиостанция помещалась на яхте — это было бы просто:

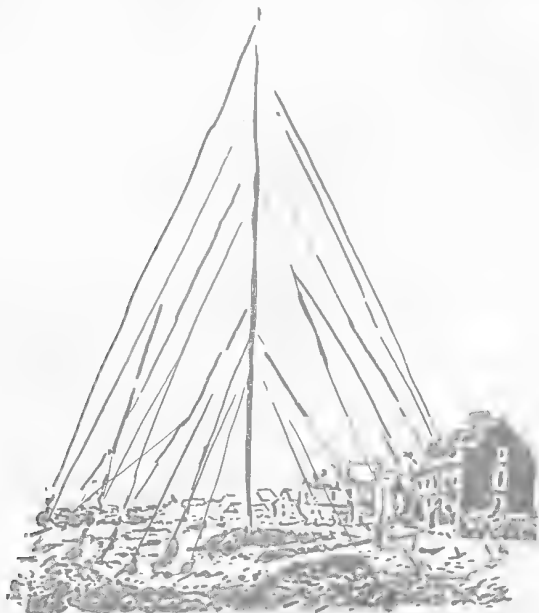


Рис. 13. Передаточная станция Маркони в Шалэ д'Артуа

там можно было бы привязать антенну к верхушке мачты. Но как поступить на суше? Что же, можно и на суше построить мачту, — специальную мачту не для парусов, а для антенн.

И вот Маркони принимается строить мачты на суше. — высокие крепкие мачты из стальных труб. Каждая мачта высотой в многоэтажный дом. К эбопитовым реям у верхушек мачт привязывает он свои антенны. И с каждой новой построенной мачтой, с каждым новым метром длины антенны растет и растет дальность приема сигналов, посылаемых станциями беспроволочного телеграфа.

27 марта 1899 года первая радиотелеграмма пересекла Ла-Манш. Гульельмо Маркони послал ее из фран-

дузской деревушки Шале д'Артуа, в Вимрё, близ Було-
ви. А приняла ее в Англии, на маяке Саус Форлэнд
(рис. 13).

В этот день Гульельмо Маркони беседовал с коррес-
пондентом лондонской газеты «Таймс». Он сказал: «Я се-
годня одержал большую победу. Я послал беспроволоч-
ную телеграмму, и она перелетела Ла-Манш. Но на этом
я не успокоюсь. Для своих антенн я построю такие вы-
сокие мачты, для своих передатчиков я сконструирую
такие мощные индукционные аппараты, что сигналы
моего телеграфа полетят из Европы в Америку, через
Атлантический океан».

Радио победило Атлантический океан

Атлантический океан — в сотни раз шире
пролива Ла-Манш. Тысячи километров отделяют Старый
Свет от Нового, Европу от Америки.

Но трудность передачи — не только в числе километ-
ров. Есть и другая трудность, посерьезней расстояния.

Ученые люди, качая головами, говорили Гульельмо
Маркони:

«Откажитесь от вашего плана, мистер Маркони. Он
невыполним, он безумен. Вы делаете ошибку, непрости-
тельную даже для школьника: вы упускаете из виду
форму Земли. Ведь Земля — шар. следовательно, и Ат-
лантический океан имеет форму не плоскую, а выпуклую.
Огромной водяной горой вздымается он между Европой
и Америкой. Никогда электромагнитные волны не смо-
гут преодолеть это препятствие. Никогда беспроволочный
телеграф не свяжет Европу с Америкой. Откажитесь же,
мистер Маркони, от вашего несбыточного плана».

Упрямый Маркони отвечал на предостережения
ученых:

«Разумеется, вы правы во всем. Земля, конечно, шар.
Атлантический океан, конечно, выпуклый, и я сам не
представляю себе, как электромагнитные волны справят-
ся с этим препятствием. Но пусть они попытаются, —
а мы с вами посмотрим, что из этого выйдет».

И он приступил к постройке мощных радиостанций —
отправительной станции в деревне Польтью, в графстве
Корнуолл, на юге Англии, и приемной станции в Аме-
рике, в городке Сент-Джонс на острове Ньюфаундленд
(рис. 14).

Маркони готовился к самому смелому, самому фантастическому из всех своих опытов.

Он был беспокоен. Он понимал: удастся его передача,— значит, нет никаких преград для электромагнитных волн и беспроволочный телеграф завоюет океаны и материки; не удастся трансатлантическая передача,— значит, беспроволочный телеграф никогда не сделается соперником проводочного и навсегда останется пригодным

только для небольших расстояний, на которых еще не сказывается выпуклость Земли.

Осенью 1901 года, когда станция в Польдьо была готова, Маркони отправился в Америку. Уезжая, он приказал своим сотрудникам, остававшимся в Польдьо, передавать изо дня в день, в назначенный час, в одну и ту же минуту один и тот же сигнал,— посылать в пространство одну и ту же букву, букву S. Маркони поставил себе цель: принять эту телеграмму в Америке, на острове Ньюфаундленд.

Неудачи долго преследовали Маркони. Для антенны приемника построил он мачту в 400 метров высоты. По

в первый же день ее повалил ураган. Тогда Маркони решил прибегнуть к старому способу, испытанному еще в Англии, на острове Уайт: поднять антенну ввысь, привязав ее к воздушному змею. И вот воздушный змей возносит к небу алюминиевый провод в 400 метров длины. Ежедневно поднимается змей, ежедневно ждет Маркони условленного сигнала. Но все напрасно. Пустая телеграфная лента выползает из аппарата; ни одной точки, ни одной черточки не находит на ней дежурный телеграфист.

Значит, правду сказали ученые,— значит, и в самом деле электромагнитные волны не в силах преодолеть выпуклость Земли.

Но упрямый Маркони не желает сдаваться. Он пытается повысить чувствительность приемного аппарата.



Рис. 14. Приемная станция Маркони на холме Тауэр-Хилл (Сент-Джонс, Ньюфаундленд)

«Быть может, волны достигли Америки,— думает он,— но грубый приемный аппарат не воспринял их». И Маркони соединяет свою антенну не с аппаратом Морзе, а с гораздо более чувствительным прибором — с телефоном. Достаточно самым слабым электромагнитным волнам дойти до приемной станции, чтобы телефон воспринял их и дал знать об их прибытии гудком.

Ежедневно, в урочный час, Маркони прижимает к уху телефон: не послышатся ли

S ...

теперь три коротких гудка, обозначающих долгожданную букву S?

И наконец Маркони дождался гудков. Это случилось в среду 1 декабря 1901 года. Гудки были слабые, но все же Маркони их ясно расслышал: три отрывистых коротких гудка.

Электромагнитные волны победили вынуклость Земли. Как же это могло случиться?

Разве ученые ошиблись, разве оказалось, что Земля не круглая?

Нет, в этом ученые не ошиблись: Земля действительно круглая. Ошиблись они в другом: электромагнитные волны, распространяясь, движутся не по прямой линии, а бегут по кругу, следуя очертаниям Земли. Все дело в том, что в высочайших слоях стратосферы (на такой высоте, куда не залетал еще ни один стратостат) воздух похож на обыкновенный наш воздух. Ультрафиолетовые лучи, испускаемые Солнцем, сообщают воздуху высоких слоев новое свойство — способность пропускать электрический ток. А ведь Генрих Герц доказал, что вещества, пропускающие ток, не пропускают электромагнитных волн. Волны отскакивают от этих веществ, отражаются от них. Значит, и от воздуха высоких слоев они тоже должны отражаться.

Отскочив от воздуха стратосферы, волны беспроволочного телеграфа падают обратно на Землю. От Земли они снова отскакивают и бегут опять к стратосфере. Так, и Земли к стратосфере, от стратосферы к Земле и снова от Земли к стратосфере, зигзагами мечутся электромагнитные волны, и с каждым новым падением и взлетом они продвигаются все дальше и дальше вперед.

Маркони ничего не знал об этих свойствах высоких слоев стратосферы. В те времена никто о них не знал. Маркони попросту пошел на риск. Если бы дело не вы-

шло, как смеялись бы люди над глухим Маркони! «Посмотрите на этого невежду, он не слышал о том, что Земля — шар».

Но вышло иначе. Маркони добился своего: 1 декабря 1901 года трансатлантическая передача состоялась. Смеяться оказалось не над чем.

Беспроволочный телеграф приступил к завоеванию всего Земного шара.

Судьба радиотелеграфа

Тридцать пять лет тому назад на берегу острова Ньюфаундленд человек принял сигнал, подаваемый за тысячу километров от него, на противоположном берегу океана.

Невозможное стало возможным: через тысячи верст научились люди подавать друг другу вести безо всяких кабелей и проводов.

Еще несколько лет, и люди привыкли к беспроводному телеграфу, перестали ему удивляться, перестали считать его чудом. Ежедневно, читая газету, мы узнаем новости, переданные радиотелеграфом из самых далеких стран. Ежедневно мы слушаем по радио речи, музыку, сигналы времени, доставленные нам невидимыми и неслышимыми колебаниями электромагнитного поля.

Трудно поверить, что от первой трансатлантической передачи нас отделяют всего каких-нибудь тридцать пять лет.

Тридцать пять лет тому назад окончилось детство радиотелеграфа. Радиотелеграф выдержал первые испытания. Стало ясно: со временем он уничтожит все расстояния на Земле, сделает Англию соседкой Австралии, Москву соседкой Нью-Йорка, Северный полюс соседом Южного.

В те дни, когда Гульельмо Маркони, сидя у приемного аппарата ньюфаундлендской радиостанции, с трепетом ожидал первых сигналов из Польдыю,— под усовершенствованием беспроводного телеграфа работали еще очень немногие. Каких-нибудь несколько человек на всем земном шаре — Попов в России, Прис, Флеминг и еще два-три сотрудника Маркони в Англии.

Но сразу же после победы над океаном все изменилось. За усовершенствование беспроводного телеграфа взялись тысячи инженеров, ученых, изобретателей. В течение нескольких лет возникли новые мощные радиостан-

ции, были изобретены новые аппараты для пускания и для приема электромагнитных волн. Еще несколько лет — и физики изобрели способ передавать по радио не только сигналы азбуки Морзе, — но и звуки человеческой речи. Аппараты отправительной станции улавливают колебания воздуха, созданные голосом человека, и превращают их в колебания электромагнитного поля. Аппараты приемной станции улавливают колебания электромагнитного поля и превращают их снова в колебания воздуха — человеческий голос.

Так наряду с радиотелеграфом возник радиотелефон. До мировой войны радиостанций и радиоприемников во всем мире было еще очень немного. Несколько мощных радиостанций в разных странах Европы да маленькие радиостанции на пароходах — вот и все.

И только после войны радио получило широкое распространение и прочно вошло в человеческую жизнь.

Во время войны люди узнали на опыте: проволочный телеграф не надежен. Проволоку всегда можно перерезать, телеграфные столбы повалить, — и вот уже телеграмма затерялась в пути. Радио — дело другое: электромагнитные волны нельзя задержать по дороге. Даже через вражескую территорию доставят они по назначению вверенную им телеграмму.

В 1919 году, 21 марта, Венгрия стала советской республикой. На другой день, в 5 часов вечера, московская радиостанция получила беспроволочную телеграмму:

«Венгерская советская республика просит товарища Ленина к радиоаппарату».

Через несколько минут московская радиостанция ответила:

«Ленин у аппарата. Прошу к аппарату товарища Бела Куна».

Через головы врагов коммунисты Венгрии вели переговоры с коммунистами Москвы.

Прошло еще несколько лет, и радиотелефон стал самым обычным предметом обихода: громкоговоритель, вакуумники, детекторный приемник появились чуть ли не в каждой городской квартире.

Осенью 1920 года в американском городе Питтсбурге известная электротехническая фирма Вестингауз оборудовала радиостанцию совершенно нового типа. Это была первая в мире широкопередаточная радиотелефонная станция: она предназначала свои радиопередачи не для отдельных мощных радиостанций, а для тысяч малень-

ких радиоприемников. 2 ноября 1920 года диктор новой радиостанции прочитал перед микрофоном сообщение о числе голосов, поданных за Гардинга и Кокса — двух кандидатов на пост президента Соединенных Штатов Америки. Это сообщение было первой в мире широкоэмитальной радиопередачей. Вскоре питтсбургская радиостанция передала по радиотелефону речь новоизбранного президента Гардинга, отчет о состязании игроков-бейсболистов, проповедь пастора Вап Иттена, курсы биржевых бумаг и застольные речи на банкете финансистов.

Сотни и тысячи людей слушали передачу питтсбургской радиостанции, сидя дома у своих радиоприемников. Это были первые в мире радиолюбители.

Вслед за Соединенными Штатами завели у себя радиовещание и другие страны. 21 августа 1922 года приступила к работе московская радиовещательная станция — первая в РСФСР и одна из первых в Европе.

Эта радиостанция была построена по распоряжению Владимира Ильича Ленина. 27 января 1921 года Ленин подписал декрет о создании целой сети радиотелефонных станций по всей стране. Не для извещений о курсах биржевых бумаг, не для передачи речей пасторов и финансистов были предназначены советские радиостанции. «Эти работы имеют для нас исключительно важное значение, — писал Владимир Ильич в письме от 11 мая 1922 года, — в виду того, что их успех принес бы громадную пользу агитации и пропаганде».

С тех пор, как были написаны эти слова, прошло почти пятнадцать лет. Радиофикация нашей страны, начатая Лениным, сделала огромные успехи. В Москве построена пятисоткиловаттная радиостанция — самая мощная радиостанция в мире. Сотни тысяч людей во всех уголках Советского Союза ежедневно принимают радиопередачи. По радио слушают научные лекции, по радио слушают речи вождей, по радио слушают концерты, по радио проверяют часы, под команду радио занимаются физкультурой, по радио узнают политические новости прежде, чем они появятся в газете.

С каждым годом совершенствуется радиотелефон: звуки человеческого голоса и звуки музыки он передает все внятнее и чище; с каждым годом совершенствуется и радиотелеграф — и нет уже такого расстояния на Земле, которого он не мог бы преодолеть.

В августе 1929 года советская полярная экспедиция, отправившаяся на Землю Франца Иосифа, общепывалась

радиотелеграммами с Маленькой Америкой — полярной станцией, которую устроил в Антарктике американский полярник адмирал Берд. На Северном полюсе в это время стояло светлое полярное лето, на Южном — темная полярная зима. Советский радист вел длинный разговор по радио с радистами экспедиции Берда. Арктическая экспедиция приветствовала антарктическую, пожелала ей удачи.

Сто восемьдесят градусов дуги меридиана, двадцать тысяч километров — вот расстояние, отделяющее Арктику от Антарктики. Электромагнитные волны безо всяких задержек преодолели двадцать тысяч километров.

Сбылась мечта Гульельмо Марconi: электромагнитные волны завоевали весь земной шар.

Но и в этом не кончается история радио.

Ученые, инженеры, изобретатели не удовлетворились тем, что электромагнитные волны переносят на расстоянии сигналы азбуки Морзе и звуки человеческой речи. Они поручили электромагнитным волнам еще более трудное дело: дать людям возможность не только слышать, но и видеть друг друга за сотни и тысячи верст.

Чувствительный фотоэлемент на отправительной станции превращает падающий на него свет в переменный электрический ток. Электромагнитные волны, созданные этим током, летят с отправительной станции на приемную. Специальные усилители усиливают принятые колебания, лампочка, наполненная газом неопом, превращает их снова в свет.

Глядя на экран приемного аппарата, можно из Ленинграда увидеть Красную площадь в Москве, из Нью-Йорка — Эйфелеву башню в Париже, можно, находясь в Лондоне, помахать рукой приятелю, стоящему у своего телевизора в Калькутте.

Так наряду с радиотелеграфом и радиотелефоном возникло телевидение.

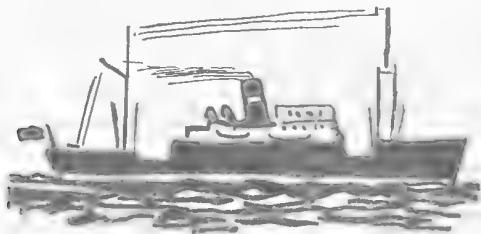
Но и этим не удовлетвоались инженеры и ученые. Они возложили на электромагнитные волны новую обязанность: управлять на расстоянии механизмами и аппаратами.

В 1934 году амстердамская судостроительная верфь построила новый пароход «Блумфонгейн». Пароход строился по заказу Южноафриканского Союза*).

*) Теперь это государство называется Южно-Африканской Республикой. — *Примеч. сост.*

Когда пароход был построен, председатель кабинета министров Южноафриканского Союза пожелал сам совершить церемонию спуска нового судна на воду. Но ехать для этого из Южной Африки в Амстердам он считал совершенно излишним.

Он поступил иначе. Он воспользовался приборами, позволяющими управлять любой машиной, любым аппаратом издали, на расстоянии.



Были установлены два таких прибора: один во дворце кабинета министров в Претории, другой — на судостроительной верфи в Амстердаме.

Министр нажал кнопку, и электромагнитные волны побежали от передатчика к приемнику, с южного полушария Земли на северное, из Претории в Амстердам. Добежав до Амстердама, электромагнитные волны вызвали в приборах приемника электрический ток; усилительные аппараты увеличили напряжение тока во много раз, и огромный пароход, покоряясь силе, медленно пополз по наклонной плоскости в воду.

Во всех странах мира инженеры и изобретатели работают теперь над усовершенствованием телемеханики. Работают над телемеханикой также и ученые в СССР.

И кто знает — какую еще службу сослужат людям электромагнитные волны, открытые, исследованные, покоренные Фаддерсеном, Герцем, Поповым, Марconi?

О ПОСЛЕДНЕЙ КНИГЕ М. П. БРОНШТЕЙНА

Закачивая рассказ об изобретении радио, М. П. Бронштейн упомянул о телевидении и телемеханике. В 30-е годы говорить об этом можно было, лишь обладая сильным воображением. Наяву телевизоров тогда еще не было. А пылкий читатель давно уже призывает к светящемуся экрану и не удивляется, даже когда там показывают управляемый по радио — за многие миллионы километров — полет космического корабля на другую планету. Вот уже вистину телевидение! Ведь греческое слово «теле» означает «далеко». Да что там сотни миллионов километров! Радио уже покорило расстояния, в миллиарды раз большие, — огромные чаши радиотелескопов тоже иногда можно видеть на телеэкранах. Эти радиоприемники готовы принимать радиотелеграммы из других галактик.

Бряд ли стоит здесь говорить подробнее о счастливой судьбе радиотехники за прошедшие полвека, — все-таки у Бронштейна рассказывается лишь о самых первых шагах радио. Поговорим лучше о судьбе самого рассказа, вовсе не такой счастливой.

Как и предыдущие, рассказ этот впервые увидел свет в детском журнале «Костер». И, подобно историям гелля и рентгеновских лучей, «Изобретатели радиотелеграфа» должны были выйти отдельной книжкой. Над ней поработали автор и редактор, еще раз обдумав и проверив на слух каждое слово, ее заботливо оформил художник, над ней потрудились наборщик, корректор и печатник. Книга была почти готова, оставалось только «надеть» переплет, но... Весной 1937 года весь тираж, десятки тысяч экземпляров книги были уничтожены.

Что же случилось? Чем эта книга оказалась плоха?

Чтобы ответить на этот вопрос, придется прежде поговорить о совсем другом, казалось бы, предмете — о том, как делается наука.

Свою последнюю книжку Матвей Петрович начал с вопроса: «Кто и когда изобрел радио?». Человек, незнакомый с жизнью науки, может подумать, что ответить на этот вопрос следует, назвав какое-то одно вполне определенное имя и вполне определенный год. Такого у Бронштейна не найти. Он ответил всей своей книгой. И даже этот многостраничный ответ вопроса не исчерпывает. Так, например, замечательные световые часы Фелддерсена, с которых начинается рассказ, возникли не на пустом месте (на пустыре вырастает лишь бурьян); на тридцать лет ранее один английский физик предложил использовать вращающееся зеркало как часы, чтобы измерить скорость «распространения электричества» по проводам. И так далее, и так далее, вглубь времени и вширь мировой науки.

Великий Ньютон когда-то сказал: «Если я видел дальше других, то лишь потому, что стоял на плечах гигантов». Плечи предшественников ощущают «под ногами» все далековидящие.

В науке сделать шаг вперед можно, только запово пройдя весь прежний путь, на преодоление которого первопроходцы потратили свои жизни. К счастью, понятия, опыты и просто удобные обозначения, выстраданные учеными прошлых десятилетий и столетий, помогают пройти этот путь всего за несколько лет.

Наука — дело коллективное. Без сотрудничества ученых всех времен и народов современная наука попросту невозможна.

Однако необходимость такого сотрудничества вовсе не очевидна для тех, кто сам не потрудился пройти путь к научному знанию, по судить о науке берется. Такие люди при надлежащих — или, точнее, не надлежащих — обстоятельствах много чего могут натворить, прикрываясь словами о любви к истине и любви к Родине. В фашистской Германии они всеми правдами и неправдами подыскивали истинно германских основоположников науки. И в истории нашей страны был мрачный период, когда научные и прочие начальники требовали во что бы то ни стало находить российских первооткрывателей в каждой области науки и техники — от велосипеда до закона сохранения энергии.

В 1937 году именно такой начальник стал руководить издательством, в котором книга М. П. Бронштейна была подготовлена к выходу. И по вому начальнику книга решительно не понравилась. Ведь если поверить автору, замечательный российский изобретатель работал не в гордом одиночестве, ему помогали, оказывается, ученые других стран. И уж совсем немисливо, что два человека в разных странах, практически одновременно и независимо друг от друга, сделали одно и то же открытие! Ясное дело — один украл у другого. И столь же ясно, кто у кого.

Начальник незамедлительно вызвал к себе автора и потребовал, чтобы книга была «исправлена». Матвей Петрович вначале попытался объяснить, что подобные удивительные совпадения случаются в науке не так уже редко и что они не так и удивительны, поскольку все физики изучают одну и ту же природу и читают одни и те же статьи. И стал приводить исторические примеры. Если Жансен и Локьер порознь открыли желтую гелиевую линию, почему же Попов и Марconi не могли порознь открыть радиосвязь?!...

Однако все эти примеры и доводы начальника совершенно не заинтересовали. Ему надобно было одно: в книге следует написать, что радио изобрел российский ученый, в одиночку. Если даже и нет доказательств, настоящий советский патриот любой ценой должен отстаивать первенство отечественного ученого. Именно так и сказал,

Только тогда Матвей Петрович понял: дело вовсе не в том, впадает ли этот человек, как развивается наука,—ведь он во имя «любви к родине» требует солгать. Матвей Петрович встал и заявил, что это патротиизм фашистский и что участвовать в изготовлении фальшивок он не намерен. И вышел из кабинета.

Книгу уничтожили, в специальной машине тысячекратно изрезали, превратив в груды бумажных полосок. А через несколько месяцев уничтожили и самого автора, в подвале ленинградской тюрьмы его убили выстрелом в затылок. Такое было время...

Сохранился только первый, журнальный вариант рассказа об изобретателях радиотелеграфа. Он и воспроизведен здесь.

Рассказы Бронштейна о науке помогают представить себе главное в жизни ученого: смелый изобретательный поиск в сотрудничестве с другими, упорное напряжение умственных и душевных сил, честное отношение к своему делу. Так жил и сам Матвей Петрович Бронштейн.

О ГЛАВНОЙ РАБОТЕ М. П. БРОНШТЕЙНА В ФИЗИКЕ, ИЛИ ШКОЛЬНИКАМ О КВАНТОВОЙ ГРАВИТАЦИИ

В этой книге М. П. Бронштейн рассказал о замечательных открытиях в физике, химии, астрономии, технике. Но даже внимательно прочитав всю книгу, очень трудно догадаться о собственной специальности его автора, о тех инструментах и приборах, с помощью которых он сам изучал природу. Трудно поверить, что в научной лаборатории Матвея Петровича Бронштейна не было ни спектрографов, ни экранов, ни разрядников. Главными его инструментами были ручка и бумага. И, конечно, голова. Эти инструменты служили ему одинаково хорошо при изучении полупроводников и звезд, атомных ядер и Вселенной в целом.

Речь идет, разумеется, о лаборатории теоретической физики. В этой лаборатории даже стол не обязателен. Но зато для успешной работы теоретика надо хорошо понимать, как действуют настоящие физические приборы — из металла и стекла — и как с помощью этих приборов делаются открытия. Потому что физика — наука экспериментальная. Даже теоретическая физика. Матвей Петрович это очень хорошо понимал и поэтому знакомил с физической наукой, рассказывая о замечательных экспериментальных открытиях.

Сам же он в «основное рабочее время» размышлял нередко о вещах, очень далеких от экспериментов. Даже и сейчас, спустя полвека, физика, о которой Бронштейн думал в середине 30-х годов, остается пока недоступной самым изобретательным экспериментаторам. Главное достижение Бронштейна в теоретической физике — исследование квантовой гравитации — совпало по времени с его работой над «Солнечным веществом». Читатель, познакомившись по этой книге с экспериментальной физикой, может захотеть узнать и о той физике, которая была профессией автора «Солнечного вещества». Однако для настоящего знакомства с теоретической физикой мало попасть пусть даже и к самому опытному экскурсоводу по

Выставке Достижений Научного Хозяйства. Надо еще понимать язык, на котором экскурсовод дает объяснения в павильоне «Теоретическая физика».

Называть приборами, которыми пользуется теоретик, бумагу и ручку — вообще-то не совсем правильно. Это лишь материал для изготовления приборов. А еще один материал — и самый главный — математика. Как выразился великий физик четыре века назад, Книга Природы написана на математическом языке. Язык этот особенно нужен в теоретической физике.

Когда у физики экспериментальной — по разным причинам — ничего не получается, когда приборы из стекла и металла не в состоянии измерять, вся надежда на приборы, сделанные из математических значков. Не раз уже в истории бывало, что теоретические инструменты, опираясь на предыдущие опыты, приводили к очень странным, прямо-таки неправдоподобным предсказаниям, которые, однако, блестяще оправдывались в новых опытах. К подобным чудесам привыкнуть трудно, но именно они убедили в могуществе теоретической физики и научили доверять таким бесплотным и беслатным инструментам, как физическая мысль и математический язык.

Чтобы освоить могучий физико-математический язык, надо затратить усилий не меньше, чем на изучение какого-нибудь иностранного языка. А иначе будешь чувствовать себя чужестранцем в стране Физики.

Обходясь школьным запасом физико-математических слов, можно лишь приблизительно понять, о каких трудных физических вопросах размышлял М. П. Бронштейн в 1935 году и почему даже сейчас все еще не удается отвечать на эти вопросы экспериментально.

Среди физических законов, добытых совместными усилиями экспериментаторов и теоретиков, самую простую форму имеют утверждения о постоянстве некоторых физических величин:

$$a = \text{const.}$$

Вода, откуда бы ее не брать — из Волги, Миссисипи, из артезианских или даже марсианских источников, всегда имеет одну и ту же плотность — 1 г/см^3 , кипит при 100°C и замерзает при 0°C .

После того как подобное постоянство перестало удивлять физиков, все такие постоянные были собраны в обширные таблицы. Имеются они и в школьных учебниках.

В этих таблицах среди самых разнообразных величин есть три постоянные, с помощью которых легче всего рассказать о главной работе М. П. Бронштейна.

Постоянные эти — скорость света c , гравитационная постоянная G и постоянная Планка $\hbar$ — «внешне» ничем особенным не отличаются от других. Однако для теоретики они имеют особое значение.

Первой в физике появилась скорость света c . С нее и начнем.

Очень долго, на протяжении двух столетий после своего измерения, скорость света пребывала в ряду ей подобных: скорость камня, скорость звука, скорость света... Особое уважение она могла заслужить только своим огромным числовым значением: $c = 300\,000$ км/с, или в единицах, принятых у теоретиков,

$$c = 3 \cdot 10^{10} \text{ см/с.}$$

Расстояние, которое человек может пройти лишь за целую жизнь, свет проходит за секунду. Недаром так долго скорость света считалась бесконечной.

Только через два с лишним века после первого измерения результаты некоторых опытов со светом заставили посмотреть на величину c новыми глазами. Впрочем, удивиться можно было и до опытов. В самом деле, как можно ответить на вопрос, чему равна скорость камня? Смотря какого камня: лежащего на дороге, брошенного рукой под углом к горизонту или путешествующего в ракете! А скорость света, как показали искусные экспериментаторы, совершенно не зависит от того, лежит ли источник света на дороге или мчится в ракете. Все равно измерения давали одни и те же $300\,000$ км/с. Это очень удивило физиков, — ничего подобного им до тех пор не встречалось. Сейчас-то легко успокоить тогдашних ученых, обратив их внимание на то, что ни в обыденной жизни, ни в предшествующих физических исследованиях им просто не приходилось иметь дела со скоростями: близкими к огромной величине c .

Представьте себе древнего географа — обитателя тропической страны, который в своих путешествиях забирается все дальше на север и, наконец, впервые видит и щупает снег. Для этого вещества в его родном языке нет даже названия. А кто поверит в родной жаркой стране его рассказам о твердой холодной воде?!

Так и физики, которым на протяжении столетий вполне хватало ньютоновского языка, не сразу осмелились

произнести новое слово науки. А требовалось даже не одно слово, нужно было разработать новый язык, который, во-первых, был бы пригоден для хранения всех накопленных физикой сокровищ, во-вторых, объяснил бы загадку

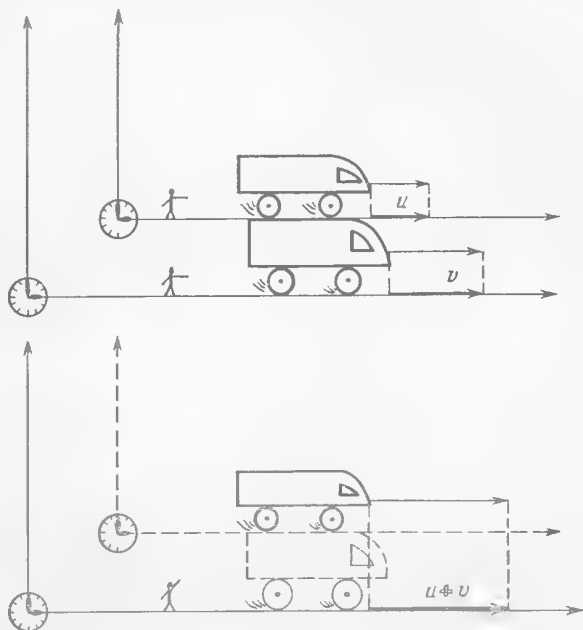


Таблица сложения скоростей в с-теории

$u \oplus v \approx u + v$, если $u, v \ll c$
$v \oplus v = 2v / (1 + v^2/c^2)$
$v \oplus c = c$
$c \oplus c = c$

Сложение скоростей в с-теории

скорости света c , наконец, в-третьих, давал бы возможность предсказывать новое.

Сделать это удалось, только очень сильно изменив язык физики — изменив представления о пространстве и времени. А ведь любое физическое событие происходит ГДЕ-то (в пространстве) и КОГДА-то (во времени). Но

какие отношения к скорости света имеют общие понятия «ГДЕ» и «КОГДА»? Оказываются, имеют, и не только к скорости света, но и друг к другу. И все потому, что c не просто очень большая скорость, а самая большая. Никакую ракету, никакой сигнал нельзя разогнать до скорости, большей c .

Только учитывая это, можно понять взаимосвязь между ГДЕ и КОГДА. Действительно, предположим, мы хотим узнать, какое из двух событий произошло раньше. Например, какая из двух ламп зажглась раньше, красная или синяя. То есть мы хотим получить ответ на вопрос: «Когда зажглась красная лампа, до спей или после?» Если лампы стоят поблизости от наблюдателя и всышки разделяет порядочный интервал, то в вопросе подвоха не заметно. Если же лампы разнести на многие километры, нетрудно сообразить, что надо как-то учитывать и время, которое потребуется свету на путь от каждой из ламп до наблюдателя. Чтобы сделать лампы равноправными, наблюдателю надо, конечно, расположиться ровно посередине между ними.

Но что же это получается? Чтобы ответить на вопрос КОГДА, нам понадобился ответ на вопрос ГДЕ — где расположен наблюдатель! В ньютоновские времена можно было надеяться, что используя сигналы, движущиеся гораздо быстрее света (лучше всего — бесконечно быстро), можно ответить на вопрос КОГДА сам по себе. Но после того как выяснилось, что никакой сигнал не может двигаться быстрее света, такая надежда испарилась.

Оказалось, что по-настоящему точный ответ можно дать только на совместный вопрос ГДЕ-КОГДА, а не на каждый в отдельности. Или, другими словами, пространство, как оказалось, неразрывно связано со временем. Новый физический язык, в котором постоянство скорости света c уже не выглядит загадкой и вопросы ГДЕ-КОГДА не кажутся страшными, получил название «Теория относительности». Поскольку в этом языке, в его словаре и грамматике, особо важную роль играет постоянная c , теорию относительности можно назвать c -теорией.

После появления c -теории стало ясно, что постоянная c имеет отношение не только к световым, а ко всем вообще физическим явлениям, поскольку любое событие невозможно описать без понятий пространственных и временных.

А то что в обыденной жизни и в большей части физики присутствие c незаметно, объясняется просто тем,

что обыденные скорости ничтожно малы по сравнению со скоростью c . Когда-то ученые люди были уверены, что Земля плоская. Эта уверенность была вполне научной, поскольку опиралась на их реальный жизненный опыт, — им просто не приходилось иметь дело с расстояниями в тысячи километров (радиус Земли, напомним, — шесть с лишним тысяч километров). А для кого подобные расстояния стали обычным делом, — путешественники, географы, астрономы — те и заметили шарообразность Земли, и измерили ее радиус. Точно так же и физики, взявшие в оборот скорости, сравнимые со скоростью света, не могли не заметить ее особые свойства.

В отличие от c гравитационная постоянная G уже при своем появлении имела всемирный характер. Недаром она родилась в законе *всемирного* тяготения, согласно которому между любыми двумя телами действует сила

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где m_1 и m_2 — массы тел, r — расстояние между ними, а постоянная

$$G = 6,7 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/(\text{с}^2 \cdot \text{г}).$$

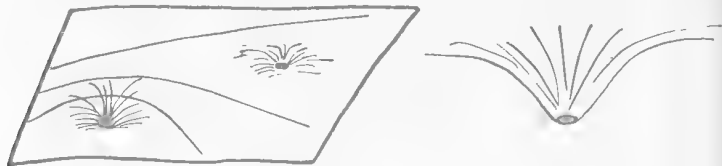
В течение двух столетий никому из тех, кто знал этот замечательный закон и пользовался им, не приходило в голову, что он верен лишь приближенно.

Кто не решал школьные задачи о движении тела, брошенного под углом к горизонту?! И кто не помнит, что парабола, по которой движется тело, зависит только от начальной скорости, но не зависит от массы. В электрическом поле движение еще как зависит от электрического заряда, а в гравитационном поле движении от массы, то есть от гравитационного заряда, не зависит! Конечно, если в закон движения (второй закон Ньютона)

$$m_1 a = F$$

подставить силу $F = Gm_1 m_2 / r^2$, то масса m_1 сократится. Но все равно, не странно ли это? От массы зависит гравитационная сила, которая определяет движение, а само движение от массы не зависит?! Ни форма траектории, ни скорость движения! Прямо не физика, а какая-то геометрия. Там тоже, какие бы линейки не использовать — из дерева, из натянутой бечевки или света — свойства фигур и все теоремы остаются одними и теми же.

Б геометричности гравитацию заподозрил Эйнштейн. Ему же удалось превратить свои подозрения в замечательную физическую теорию. В эйнштейновской теории гравитации и в самом деле оказалось много геометрии. В этой теории движение масс объясняется не силами, а геометрией искривленного пространства и времени, правильнее сказать — пространства-времени, потому что постоянная c уже накрепко их связала. Искривленное пространство-время наглядно можно представить себе натянутой упругой пленкой, прогибаемой в некоторых местах



Искривленное пространство-время и вещество в $сG$ -теории

грузиками: присутствие вещества искривляет геометрию, а тела всегда движутся по кратчайшим линиям этой геометрии. Чтобы узнать меру искривления, надо массу умножить на коэффициент G/c^2 , чрезвычайно малый из-за малости G и огромной величины c . Потому-то кривизну пространства-времени так трудно было заметить. Гораздо труднее, чем кривизну земной поверхности.

Учитывая роль постоянных c и G в эйнштейновской теории гравитации, ее с полным правом можно назвать $сG$ -теорией.

Теперь, наконец, настала очередь самой молодой из интересующих нас трех постоянных. Но родословная у этой самой молодой — самая древняя. Еще до нашей полой эры греки предположили, что всякое вещество состоит из мельчайших, неделимых частиц — атомов. Два с лишним тысячелетия атомы были лишь философской гипотезой, которая одним нравилась, другим — нет. Перевести атомную идею из философии в физику помогла химия. Как нам уже известно по истории солнечного вещества, химики вообще славно потрудились на благо физической науки.

После того как атомное строение вещества стало надежно установленным фактом, физики принялись за сам атом. Не обращая внимания на греческий язык, согласно которому атом неделим, экспериментаторы стали изучать его устройство. Устройство это оказалось на удивление

простым, а главное, хорошо знакомым,— недаром его называли планетарным. В центре атома, в роли Солнца,— ядро, а вокруг него движутся, в роли планет, электроны. Только настоящие планеты связаны с Солнцем гравитационной силой, а электроны, как легко догадаться,— электрической. Однако простота этого сходства оказалась с большим подвохом и даже с двумя.

Один подвох легко понять читателю «Солнечного вещества». Открытию гелия, как читатель, наверное, помнит, очень помогло то обстоятельство, что каждое вещество имеет свой собственный излучательный «отпечаток пальцев» — спектр. Различие спектров можно было объяснить разницей в числе электронов, содержащихся в атомах разных веществ. Но как понять, что каждый спектр состоит из вполне определенных линий? Откуда в атоме возникает излучение точно определенной частоты, то есть цвета?

Согласно электрической теории электрон, движущийся по окружности, излучает по-разному в зависимости от его скорости и радиуса окружности. Для расчета этого излучения в теории электричества есть специальные формулы, которые прекрасно подтверждаются для самых разнообразных излучателей, начиная от герцевского разрядника и до новейших радио- и телепередатчиков.

Теория электричества может определить, с какой скоростью электрон движется по окружности данного радиуса, а следовательно, и каким будет излучение — его цвет и яркость. Однако на вопрос, каким может быть радиус орбиты, теория электричества отвечает — «любым». Стало быть, нет и надежды узнать, какие линии должен излучать данный вид атомов — любые! А ведь разноцветные светящиеся картинки, получаемые с помощью призмы в спектроскопе, ясно говорят, что не любые. Натрий — желтые, калий — фиолетовые и т. д.

Но планетарное устройство атома, если вдуматься, одстерегала гораздо большая неприятность, даже катастрофа. Ведь согласно электрической теории электрон, вращаясь, непрерывно излучает энергию и при этом все более приближается к ядру, падая на него в конце концов. Этот «конец концов» для атома наступает так быстро, что не успеешь глазом моргнуть. Действительно, раз можно моргнуть за миллиардную долю секунды? Таким образом, если верить пьютоновской механике и теории электричества, атом вообще не может существовать.начит, верить нельзя. Значит, когда имеешь дело с та-

кими маленькими (по размеру, но не по важности) предметами, надо учитывать какие-то новые физические законы.

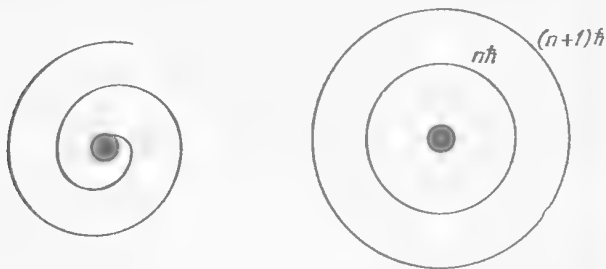
И такой новый закон был открыт. В нем отчетливо проявилась шутность, или, как говорят, квантовость, свойственная миру спектральных линий (квант — отдельная порция). Оказалось, что планетарное устройство атома можно спасти от разрушения, если считать, что электрон имеет право вращаться не по любой орбите с любой скоростью, а только так, что

$$mvr = n\hbar.$$

Здесь m и v — масса и скорость электрона, r — радиус орбиты, n — любое целое число: 1, 2, 3, ..., а $\hbar$ — новая физическая постоянная, носящая имя своего открывателя — Планка. Величина этой постоянной, точнее говоря, ее малость:

$$\hbar = 1,1 \cdot 10^{-27} \text{ г} \cdot \text{см}^2/\text{с}$$

объясняет ее незаметность в физике обыденной жизни. Когда соседние орбиты, разрешенные новым законом, отличаются на такую микроскопически малую величину



Атом не может существовать без $\hbar$

как квант $\hbar$, это различие заметно, только если сами орбиты микроскопически малы.

Но подлинная теория должна быть максимально точной. Поэтому, когда обнаружилось, что без $\hbar$ ни один атом жить не может, стало ясно, что без учета $\hbar$ в общей теории не обойтись, то есть что нужна $cG\hbar$ -теория, или квантовая теория гравитации.

Первым понял это по-настоящему Матвей Петрович Бронштейн. И в 1935 году, в том же самом году, когда он трудился над историей солнечного вещества, появилось его главное исследование $cG\hbar$ -теории. Построить эту

теорию полностью ему не удалось (быть может, просто не успел — ведь жить ему оставалось два года). Но получил результаты, очень важные для одоления трудной задачи. Что задача эта действительно трудна, можно судить хотя бы по тому, что она и до сих пор, спустя 50 лет, все еще не решена. Физикам еще только предстоит узнать, как можно совместить искривленное непрерывное пространство-время cG -теории с квантовостью $\hbar$ -теории.

Но каким физикам необходима $cG\hbar$ -теория? Какие физические явления без этой теории не понять? Вот, скажем, без c -теории не обойтись при описании движений со скоростью, сравнимой со скоростью света; без cG -теории не обойтись при описании достаточно больших концентраций вещества: когда масса m сосредоточена в области по размеру сравнимой с Gm/c^2 . А когда вступает в действие $cG\hbar$ -теория?

Чтобы ответить на этот вопрос, давайте смастерим подходящий теоретический прибор, из тех, о которых говорилось в начале. Прибор, сделанный не из стекла и металла, а из физических понятий и математических формул.

Возьмем две одинаковые точечные массы, запустим их по круговой орбите, на которой пусть их удерживает гравитационная сила взаимного притяжения. Получим нечто вроде гравитационного атома или миниатюрной двойной звезды. Назовем прибор «теориметром», поскольку с его помощью будем измерять состояние теории. Где у нашего прибора ручка регулирования? Их даже две: одна может менять массу m , другая — радиус орбиты r . Поскольку прибор у нас теоретический, управлять этими величинами можно совершенно произвольно, если, конечно, этому не помешают какие-нибудь законы природы. Подчипим механизм «теориметра» всем физическим законам, выписанным на предыдущих страницах. Ньютоновский закон движения $ma = F$ при подстановке в него центростремительного ускорения $a = v^2/r$ и силы тяготения $F = Gm^2/(2r)^2$ даст

$$mv^2/r = Gm^2/(2r)^2.$$

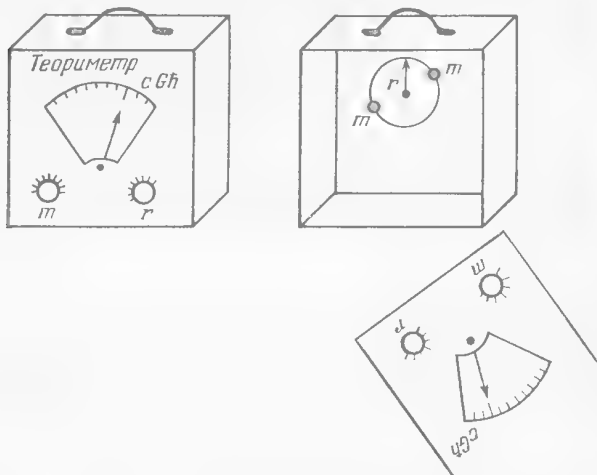
Добавим к этому квантовый закон, получим

$$\begin{cases} v^2 = Gm/4r, \\ mvr = n\hbar. \end{cases}$$

Эта система из двух уравнений собственно и есть наш

теоретический прибор. По сравнению с «приборами» современной теорфизики, это, конечно, детская игрушка, но ведь и сделали прибор мы из школьной математики.

Когда же стрелка «теориметра» покажет на отметку $cG\hbar$ -физики? Когда скорость v приближается к скорости света c , а целое число n принимает наименьшее значение



Устройство теориметра

$n = 1$. Посмотрим, при каком положении ручек, регулирующих m и r , это достигается. Полагая в уравнениях нашего прибора $v = c$ и $n = 1$:

$$\begin{cases} c^2 = Gm/4r, \\ mcr = \hbar, \end{cases}$$

легко получить, что $cG\hbar$ -физика наступает при

$$r_{cG\hbar} = (G\hbar/c^3)^{1/2} \quad \text{и} \quad m_{cG\hbar} = (\hbar c/G)^{1/2}.$$

Подставив значения постоянных c , G и $\hbar$, получим

$$r_{cG\hbar} = 10^{-32} \text{ см}, \quad m_{cG\hbar} = 10^{-5} \text{ г}.$$

Величины эти способны обескуражить. Самое малое расстояние, доступное современной экспериментальной физике, — 10^{-16} см — во столько же раз больше квантово-гравитационной длины $r_{cG\hbar}$, во сколько земной шар больше атома. С учетом такой пропасти, отделяющей эксперимент от $r_{cG\hbar}$, говорить что-нибудь определенное

о квантово-гравитационной физике может показаться делом совершенно несерьезным. Однако история уже знает похожий случай: теория электричества, созданная в прошлом веке для явлений в масштабе расстояний порядка 1 см, подтверждается в наше время вплоть до расстояний 10^{-16} см. Поэтому теоретики со всей серьезностью видят в $cG\hbar$ -физике (и значит в величине $r_{cG\hbar}$) надежду раскрыть устройство элементарных (на сегодняшний день!) частиц, объяснить физический мир в самых малых масштабах.

Что касается квантово-гравитационной массы $m_{cG\hbar}$, то она обескураживает своей несуразной величиной — маленькой, но не очень. Как заметил еще М. П. Бронштейн, это масса самой заурядной пылинки. Правда, чтобы такая пылинка проявила свою квантово-гравитационную суть, ее надо было бы сжать до микроскопических размеров $r_{cG\hbar}$.

Однако квантовая гравитация причастна не только к физике микромира. Посмотрим, какая плотность вещества соответствует квантово-гравитационной физике. Полагая, что $cG\hbar$ -масса содержится в $cG\hbar$ -объеме, получим плотность

$$\rho_{cG\hbar} = m_{cG\hbar}/(r_{cG\hbar})^3 = 10^{94} \text{ г/см}^3.$$

Наибольшая плотность, доступная современной экспериментальной физике, плотность в атомном ядре и в центре звезд, меньше квантово-гравитационной плотности 10^{80} раз. Глядя на это невообразимо большое число, можно подумать, что оно-то уж наверняка не имеет никакого отношения к происходящему в физическом мире. Однако физики, научившись глядеть на наш мир в целом, то есть на Вселенную, поняли, что только учитывая $\rho_{cG\hbar}$, учитывая квантовую гравитацию, можно понять происхождение и устройство Вселенной.

Дело в том, что согласно астрономическим наблюдениям Вселенная расширяется: составляющие ее звездные системы — галактики — удаляются друг от друга. Это значит, что вчера галактики были ближе, чем сегодня, а позавчера — еще ближе. И согласно законам эйнштейновской теории гравитации — cG -теории, которая управляет расширением Вселенной, в прошлом ее плотность была колоссально большой. А значит, был и такой момент, когда плотность равнялась чудовищной величине $\rho_{cG\hbar}$. Но, как мы уже обнаружили своим «теориметром», для такого состояния вещества власти cG -теории уже не

хватает. Становится необходима $cG\hbar$ -теория, или квантовая теория гравитации.

Таким образом, квантовая теория гравитации должна будет объяснить устройство нашего мира и в самых малых и в самых больших масштабах.

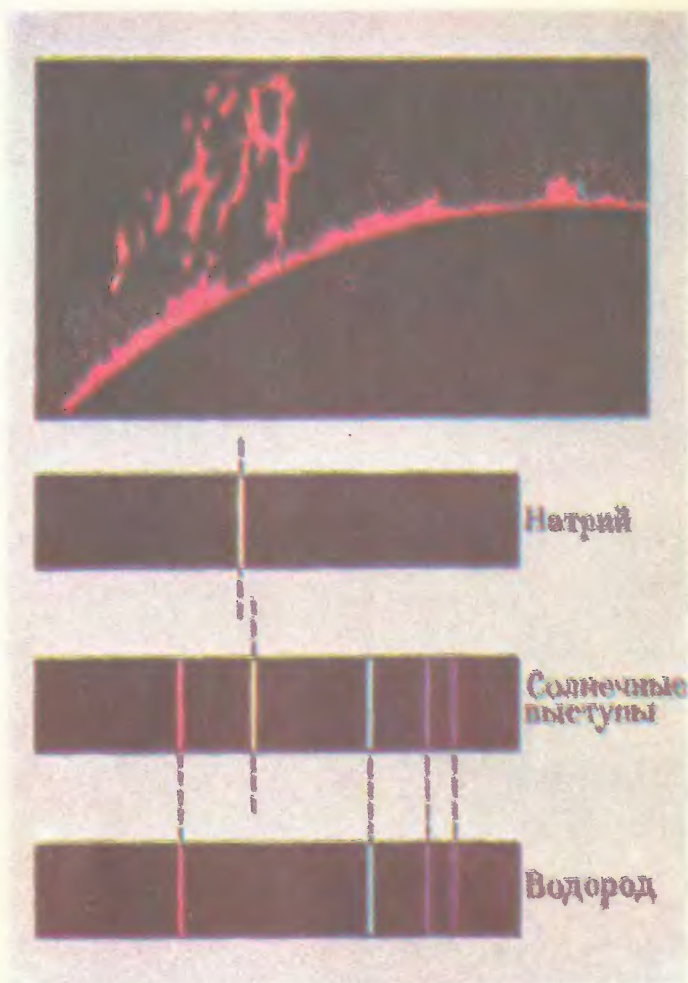
Это значение $cG\hbar$ -теории одним из первых увидел Матвей Петрович Бронштейн, написавший еще в 1930 году:

«Будущая физика не удержит того странного и неудовлетворительного деления, которое сделало квантовую теорию «микрофизикой» и подчинило ей атомные явления, а релятивистскую теорию тяготения — «макрофизикой», управляющей не отдельными атомами, а лишь макроскопическими телами. Физика не будет делиться на микроскопическую и космическую: она должна стать и станет единой и нераздельной».

Г. Е. Горелик

СОДЕРЖАНИЕ

Об авторе этой книги	3
СОЛНЕЧНОЕ ВЕЩЕСТВО	7
С чего началось (7). Цветные сигналы (8). Неудача (10). Простой кусок стекла (12). Сигналы расшифрованы (14). Пепел, грапит и молоко (16). Звезды в лаборатории (17). Спектроскоп исследует Солнце (19). Солнечное вещество (22). Вес блохи (23). Неизвестная примесь (26). Забытый опыт (27). «Обрати внимание!» (31). Примесь найдена (32). Ленивый газ (34). Победа точности (35). С неба на землю (37). Новая задача (41). Ключ к решению (43). Изготовление холода (44). Несчаянная находка (46). Гелий открыт в третий раз (48). Компания лентяев (49). Поиски во всех направлениях (52). Невидимые лучи (54). Рождение гелия (57). Проверка опытом (58). Сколько лет клевету? (59). Физика узнает возраст Земли (60). Гелий на войне (63). Опять ищут гелий (65). Лучший газ для дирижаблей (66). Судьба солнечного вещества (70).	
Приложения	
Открытие солнечных выступов (71). Спектр солнечных выступов (73). Почему Менделеев не сразу поверил в гелий (74). Записная книжка Рамзая (76).	
50 лет спустя. Солнечное вещество во Вселенной	78
ЛУЧИ ИКС	80
Первая весть (80). Осторожный ученый (81). Начало опытов (83). Неожиданная находка (85). Ночь без сна (86). Лучи икс (87). Новые опыты (88). Последняя проверка (89). Профессор Рентген (91). Непропицаемые шляпы (94). Рассказ корреспондента (96). Помощник врача, инженера, ученого (103).	
50 лет спустя. Небо в икс-лучах	113
ИЗОБРЕТАТЕЛИ РАДИОТЕЛЕГРАФА	115
Кто и когда? (115). Часы Фаддербена (116). История искорки (119). Опыты продолжаются (122). Что происходит в пространстве (123). От стола до табуретки (126). Лучи электрической силы (129). Конец опытов Герца (133). Александр Степанович Попов (134). Телеграмма с неба (139). Черточки и точки (140). Профессор Попов и министр Авелан (141). Первые опыты Маркони (143). Радио победило Ла-Манш (147). Радио победило Атлантический океан (151). Судьба радиотелеграфа (154).	
О последней книге М. П. Бронштейна	159
О главной работе М. П. Бронштейна в физике, или школьникам о квантовой гравитации	162



Фотография солнечного выступа (протуберанца) и его спектр
в сопоставлении со спектрами натрия и водорода

Научно-популярное издание

БРОНШТЕЙН Матвей Петрович

СОЛНЕЧНОЕ ВЕЩЕСТВО

ЛУЧИ ИКС

ИЗОБРЕТАТЕЛИ РАДИОТЕЛЕГРАФА

Библиотечка «Квант», выпуск 80

Заведующий редакцией *Г. С. Куликов*

Редактор *Л. А. Панюшкина*

Художники *С. Ф. Лухин, П. И. Чернуцкий*

Художественный редактор *Т. Н. Кольченко*

Технический редактор *Е. В. Морозова*

Корректор *В. П. Сорокина*

ИБ № 41180

Сдано в набор 17.08.89. Подписано к печати 23.07.90. Формат 84×108/32.
Бумага тип. № 2. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая. Усл.
печ. л. 9,24. Усл. кр.-отт. 10,08. Уч.-изд. л. 9,2. Тираж 143 000 экз. За-
каз № 812. Цена 40 коп.

Издательско-производственное и книготорговое объединение «Наука»
Главная редакция физико-математической литературы
117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Четвертая типография издательства «Наука»
630077 Новосибирск, 77, Станиславского, 25